

# **Technická univerzita v Liberci**

fakulta strojní

katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program:

strojírenská technologie

Zaměření:

obrábění a montáž

**Vliv procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli.**

**The influence of process fluids from the best manufacturers in the world on tool life and surface roughness in turning stainless steel.**

**KOM - 1232**

***Tomáš Klemť***

Vedoucí práce:

Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc - TUL

Konzultanti:

Ing. Andrey Dugin

Počet stran: 64

Počet obrázků: 20

Počet tabulek: 2

Počet grafů: 4

24. 5. 2013



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Tomáš K L E M T**  
Studijní program : B2341 Strojírenství  
Obor : 3911R018 Materiály a technologie  
Zaměření : Obrábění a montáž

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Vliv procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli**

#### Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při třískovém obrábění, klasifikace procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin.
2. Shrnutí poznatků o integritě povrchu při soustružení a vlivu procesní kapaliny na technologii soustružení. Definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu.
3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při soustružení nerezové oceli v laboratoři KOM FS TUL.
4. Porovnávání jednotlivých procesních kapalin od nejlepších světových výrobců v laboratoři KOM FS TUL.
5. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.



Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva: cca 30 – 40 stran textu
- grafické práce: obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

1. MÁDL, J. *Řezné kapaliny v současné technologii obrábění*. In: Sborník vědeckých prací. 1. vyd. Ekologie obrábění, Strojírenská technologie knihovnička, 2000. s. 9 - 18. ISBN 80-7044-232-8.
2. JERSÁK, J., REJZEK, M. *Účinek procesní kapaliny na proces soustružení a vybrané parametry integrity povrchu*. Strojírenská technologie. Rec. prof. Vasilko, prof. Holešovský. roč. 16, duben 2011, č. 2. s. 17 - 23. ISSN 1211-4162.
3. SANDVIK Coromant, Sandviken: *Technická příručka obrábění – soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*. 2005. 601 s.
4. HOLEŠOVSKÝ, F., DUŠÁK, K., JERSÁK, J., aj. *Terminologie obrábění a montáže*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, ÚTRV, 2005. 208 s. ISBN 80- 7044-616-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Andrey Dugin



Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan

V Liberci, dne 27. 02. 2013

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data. Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

## **Vliv procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli**

### *ANOTACE:*

V bakalářské práci jsou hodnoceny vlivy jednotlivých procesních kapalin od významných světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli. V rámci řešení byla určena jednotná metodika měření vlivů procesních kapalin na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení. V laboratořích katedry obrábění a montáže TUL bylo odzkoušeno šest vodou mísitelných ekologických procesních kapalin od firem světových značek.

Úkolem této práce bylo porovnání procesních kapalin a určení prokazatelně nejlepšího vlivu na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při soustružení. V práci jsou dále sjednoceny dostupné informace o trvanlivosti nástroje, procesních kapalinách a integritě povrchu.

**Klíčová slova:** soustružení, trvanlivost nástroje, opotřebení nástroje, drsnost povrchu, integrita povrchu, procesní kapalina.

# **The influence of process fluids from the best manufacturers in the world on tool life and surface roughness in turning stainless steel**

## *ANNOTATION:*

In the bachelor thesis evaluated the effect of various process liquids from the world's major manufacturers to tool life and surface roughness in turning stainless steel. The solution was determined by a uniform methodology to measure the effects of process fluids on tool life and surface roughness in turning. In the laboratories of the Department of Machining and Assembly TUL was tested six water-miscible organic process fluids from companies brands.

The aim of this work was to compare the process fluids and determine the best proven effect on tool life and surface roughness in turning. The paper also unified information available on the tool life, process fluids and surface integrity.

**Keywords:** turning, tool life, tool wear, surface roughness, surface integrity, cutting fluid

Zpracovatel: TU, FS v Liberci, KOM

Dokončeno: 2013

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 64

Počet obrázků: 20

Počet tabulek: 2

Počet grafů: 4

Počet příloh: 4

## ***MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ***

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultantů.

V Liberci, 24. 05. 2013

Podpis:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych zde vyjádřil poděkování panu Prof. Ing. Alexeyovi Popovovi, DrSc za odborné vedení práce, podnětné rady a připomínky pro vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji konzultantovi bakalářské práce panu Ing. Andreyi Duginovi a panu Ing. Miloslavu Ledvinovi za poskytnutou pomoc a asistenci při měření. Též děkuji panu Ing. Jiřímu Karáskovi za pomoc v laboratoři metrologie a panu Ing. Petru Kellerovi, Ph.D. za pomoc a důležité rady při sestavování CNC programu pro soustruh CHEVALIER FCL-2140.

Velmi rád bych zde také poděkoval své rodině a blízkým, kteří mě při mém studijním úsilí pomáhali a podporovali.

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60-školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultanty.

Datum: 24. 05. 2013

Podpis:



## OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ .....	9
ÚVOD.....	10
1. ANALÝZA VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA TRVANLIVOST NÁSTROJE PŘI TŘÍSKOVÉM OBRÁBĚNÍ, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN .....	11
1.1 Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při třískovém obrábění. ....	11
1.2 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění.....	12
1.2.1 Vodou mísitelné procesní kapaliny .....	12
1.2.2 Vodou nemísitelné procesní kapaliny .....	13
1.3 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin .....	13
2. SHRUTÍ POZNATKŮ O INTEGRITĚ POVRCHU PŘI SOUSTRUŽENÍ A VLIVU PROCESNÍ KAPALINY NA TECHNOLOGII SOUSTRUŽENÍ. DEFINICE POJMU DRSNOST POVRCHU, METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU. ....	17
2.1 Shrnutí poznatků o integritě povrchu při soustružení .....	17
2.2 Vliv procesní kapaliny na technologii soustružení .....	18
2.3 Definice pojmu drsnost povrchu.....	19
2.4 Metody měření drsnosti povrchu .....	20
3. NAVRŽENÍ METODIKY ZKOUMÁNÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE A DRSNOSTI POVRCHU PŘI SOUSTRUŽENÍ NEREZOVÉ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL. ....	24
3.1 Popis použitých přístrojů, nástrojů a měřících zařízení .....	24
3.2 Charakteristika obráběného materiálu.....	27
3.3 Procesní kapaliny .....	28
3.4 Metodika zkoumání trvanlivosti nástroje při soustružení nerezové oceli na CNC soustruhu CHEVALIER FCL – 2140 .....	30
3.4.1 Příprava CNC soustruhu CHEVALIER FCL – 2140 .....	30
3.4.2 Použitý CNC program .....	31
3.4.3 Příprava obráběného materiálu.....	34
3.4.4 Příprava procesních kapalin .....	34
3.4.5 Stanovení řezných podmínek pro obrábění.....	34
3.4.6 Metodika měření trvanlivosti.....	35
3.5 Metodika měření drsnosti povrchu při soustružení nerezové oceli na univerzálním soustruhu SU-50.....	36
3.5.1 Příprava měření.....	36
3.5.2 Postup měření drsnosti obrobené plochy.....	36

3.5.3	Vyhodnocování měření drsnosti .....	36
4.	ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ V LABORATOŘI KOM FS TUL.....	37
4.1	Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na trvanlivost VBD při soustružení nerezové oceli .....	37
4.2	Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli .....	37
4.2.1	Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchylky profilu – $R_a$ .....	38
4.2.2	Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchylky profilu – $R_z$ .....	39
4.2.3	Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchylky profilu – $C_{tp50}$ .....	40
5.	SHRNUTÍ A ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ. ....	41
	SEZNAM PŘÍLOH:.....	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	43

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Rozměr	Vysvětlení
<b>KOM</b>	[-]	Katedra obrábění a montáže
<b>TUL</b>	[-]	Technická univerzita v Liberci
<b>ČSN</b>	[-]	Česká technická norma (česká soustava norem)
<b>DIN</b>	[-]	Německá národní norma
<b>ISO</b>	[-]	Mezinárodní norma
<b>VB</b>	[mm]	Velikost opotřebení hřbetu nástroje
<b>T</b>	[min]	Trvanlivost nástroje
<b>v</b>	[m/min]	Řezná rychlost
<b>a<sub>p</sub></b>	[mm]	Hloubka řezu
<b>f</b>	[mm/ot]	Rychlost posuvu
<b>SK</b>	[-]	Slinutý karbid
<b>R<sub>a</sub></b>	[μm]	Střední aritmetická úchylka profilu
<b>R<sub>z</sub></b>	[μm]	Výška nerovnosti profilu určená z 5 (10) bodů
<b>C<sub>tp50</sub></b>	[μm]	Hloubka, ve které je podíl materiálu a vzduchu 1:1
<b>VBD</b>	[-]	Vyměnitelná břitová destička
<b>CNC</b>	[-]	počítačem číslicově řízený (Computer Numeric Control)

## ÚVOD

Pomocí procesních kapalin při třískovém obrábění zlepšujeme vlastnosti obrobeneho materiálu, zejména jakost povrchu, a prodlužujeme životnost nástroje. Na trhu je mnoho světových výrobců a Česká republika patří mezi jedny z nejlepších.

Finanční situace na celosvětových trzích nutí všechny výrobce ke snižování nákladů. Použití procesních kapalin je jedním ze způsobů, jak snížení docílit. Zároveň je důležité dbát na životní prostředí. Moderní procesní kapaliny splňují oba tyto faktory.

V této práci mám za úkol porovnat 6 kapalin světových výrobců a zhodnotit jejich vliv na trvanlivost nástroje a třech parametrů integrity povrchu, drsnosti  $R_a$ ,  $R_z$  a  $C_{tp50}$ . K této vědecké činnosti budu obrábět nerezovou ocel ČSN 17 240.

Výsledkem této práce je porovnání vlivu všech šesti kapalin pro trvanlivost nástroje a pro měření drsnosti bude vliv šesti kapalin a ještě k porovnání bude čistá voda.

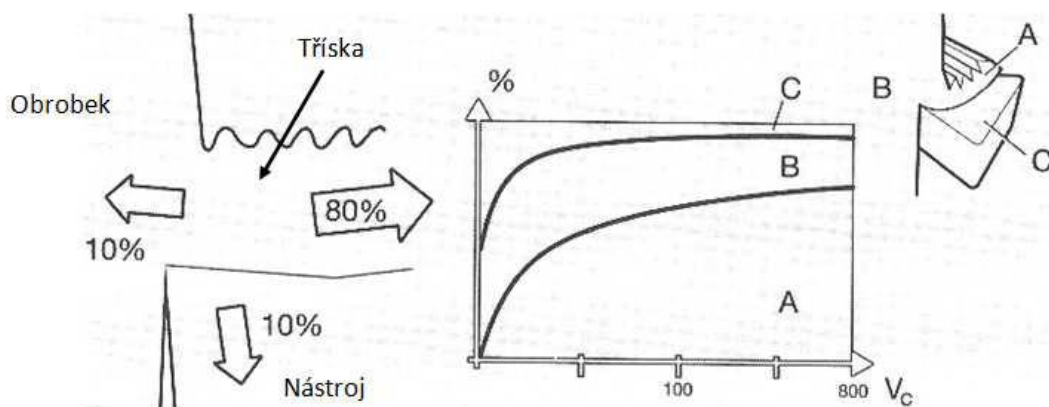
Vyhodnocování a měření bylo provedeno v laboratořích katedry obrábění a montáže. Určování trvanlivosti nástroje probíhalo na CNC soustruhu Chevalier FCL-2140, příprava vzorků pro zjišťování drsnosti na univerzálním soustruhu SU-50. Ostatní měřicí metody a prostředky jsou upřesněny v této práci.

# 1. ANALÝZA VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA TRVANLIVOST NÁSTROJE PŘI TŘÍSKOVÉM OBRÁBĚNÍ, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN

## 1.1 Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje při třískovém obrábění

Procesní kapaliny významně ovlivňují průběh a výsledek obráběcího procesu. Jejich hlavní funkcí je odvádění tepla z místa řezu, jehož je dosaženo chlazením nebo mazáním, které vede ke snížení tření. Volba vhodné procesní kapaliny tedy znamená zvýšení trvanlivosti nástrojů a zlepšení jakosti obráběné plochy. <sup>[1]</sup>

Vzhledem k tepelné bilanci při obrábění je důležitý zejména chladicí účinek kapaliny. Při třískovém obrábění se až 99% energie mění v teplo, které má negativní vliv zejména na přesnost obrobku, vlastnosti nástroje a povrchové vrstvy. Vzniklé teplo je odváděno především třískou (asi 80%) dále pak v menší míře nástrojem a obrobkem (každý po 10%). <sup>[1]</sup>



Obrázek 1 odvod tepla z místa řezu <sup>[1]</sup>

Trendem obecně ve strojírenství je snižování nákladů. Procesní kapaliny mají nemalý vliv, co se ekonomického hlediska týče. Z toho vyplývá i snižování objemu procesní kapaliny a její provozní stálost. Dalším důležitým sledovaným hlediskem je její ekologická nezávadnost. <sup>[2]</sup>

## **1.2 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění**

### **1.2.1 Vodou mísitelné procesní kapaliny**

#### *Minerální kapaliny:*

Jsou výrobky z ropy, s dobrými mazacími vlastnostmi, ale horším chladicím účinkem. Mají ale dobrý ochranný účinek a dobrou odolnost proti stárnutí. Minerální oleje mají velmi dobré provozní vlastnosti, a proto se využívají jako základ pro oleje řezné. <sup>[3]</sup>

#### *Polosyntetické kapaliny*

Polosyntetické procesní kapaliny jsou ovlivněny hlavně vzájemným poměrem oleje a emulgátoru, které určují mazací, chladicí a vyplachovací schopnosti. Obecně se dá říci, že čím je obsah oleje vyšší, tím má procesní kapalina výraznější mazací účinek, chladicí a vyplachovací účinek je částečně potlačen. Naopak se snižujícím se obsahem oleje se výrazným způsobem zvyšuje chladicí a vyplachovací účinek a klesá účinek mazací. <sup>[3]</sup>

#### *Syntetické kapaliny*

Syntetické procesní kapaliny (vodné roztoky) jsou charakterizovány jako homogenní (pravé) roztoky vzájemně mísitelných látek. Na rozdíl od minerálních a polosyntetických procesních kapalin neobsahují olej. Jejich výrazný chladicí a vyplachovací účinek nachází uplatnění zejména u operací broušení. <sup>[3]</sup>

#### *Speciální kapaliny*

Speciální procesní kapaliny patří mezi produkty, jejichž vlastnosti jsou vždy přesně cíleny do určité specifické oblasti. Patří sem např. speciální přípravky určené pro broušení skla nebo speciální operace obrábění. <sup>[3]</sup>

### **1.2.2 Vodou nemísitelné procesní kapaliny**

#### ***Rostlinné kapaliny***

Skládají se z esterů mastných kyselin a částečně i z volných mastných kyselin. V porovnání s minerálními oleji mají lepší přirozenou mazací schopnost, která je dána vyšší smáčivostí (menším povrchovým napětím), jsou však také více náchylné ke stárnutí (oxidaci).<sup>[3]</sup>

#### ***Minerální kapaliny***

Jsou to kapalné uhlovodíky vyrobené z ropy. Mezi kladné vlastnosti patří poměrně dobrý mazací účinek a oxidační stálost. Poskytují dobrou ochranu proti korozi kovů a nepodléhají mikrobiálnímu rozkladu, jako tomu je u vodou mísitelných procesních kapalin. Nevýhodou je horší chladicí účinek.<sup>[3]</sup>

#### ***Syntetické kapaliny***

Syntetické oleje jsou koncipovány na bázi polyglykolů, polyalfaolefímů a syntetických esterů. Jejich vlastnosti díky zvoleným základům převyšují minerální oleje v některých parametrech, jako jsou například vysoká živostnost, vysoké body vzplanutí nebo tuhnutí a ekologická nezávadnost.<sup>[3]</sup>

#### ***Koncentráty vysokotlakých přísad***

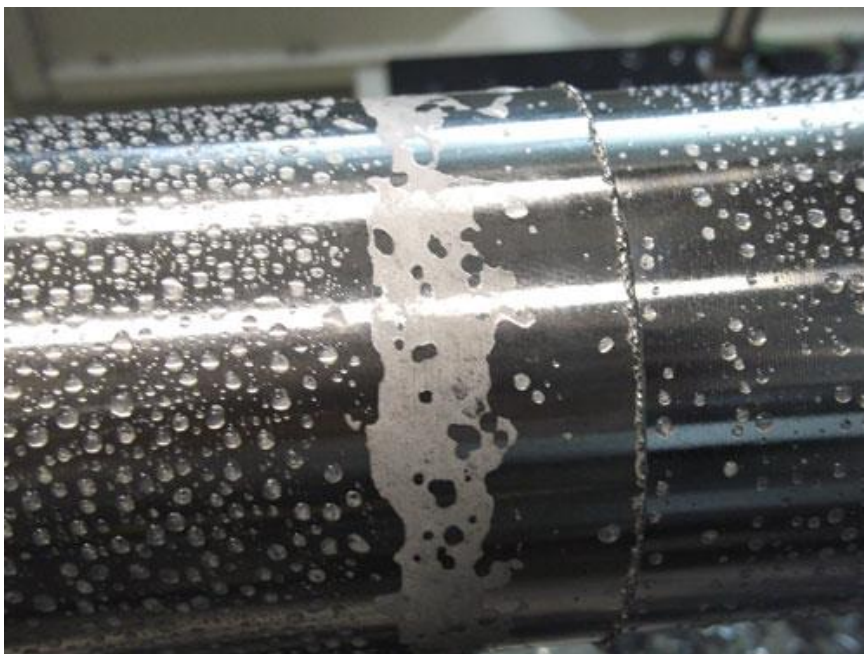
Mazací vlastnosti procesních kapalin jsou v některých případech upravovány vhodnými EP a AW přísadami, které zlepšují jejich některé vybrané parametry. Díky tomu mohou napomáhat např. minimalizovat tvorbu nárůstku a třecí poměry na čele a hřbetu nástroje.<sup>[3]</sup>

### **1.3 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin**

#### ***Chladicí účinek***

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného média odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každé médium, které smáčí povrch kovů, za předpokladu, že mezi povrchem obrobku a médiem existuje tepelný spád. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné médium obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. Důsledkem chladicího účinku je snížení teploty řezání, což má příznivý vliv na opotřebení a trvanlivost nástroje, i na jakost povrchové vrstvy obrobené plochy (nižší hodnoty zbytkových napětí).

Chladicí účinek řezného média závisí na jeho smáčecí schopnosti, na výparném teple, rychlosti vypařování za určitých teplot, tepelné vodivosti, měrném teple a průtokovém množství. Čím budou tyto veličiny větší, tím bude chladicí účinek řezného média vyšší. Výparné teplo zvětšuje chladicí účinek, ale přílišné odpařování řezného média není žádoucí. <sup>[4]</sup>



*Obrázek 2 chladicí kapalina na povrchu obrobku*

### ***Mazací účinek***

Mazací účinek je umožněn tím, že médium vytváří na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Vzhledem k vysokým tlakům, které vznikají při řezání, nemůže zde dojít ke kapalnému tření. Může ale vzniknout mezní tření, má-li řezné médium velkou afinitu ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky, v mikroskopické povrchové mezní vrstvě. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného média se uplatní zejména u dokončovacích obráběcích operací, ale také při protahování, výrobě závitů nebo výrobě ozubení. <sup>[4]</sup>

Mazací schopnost řezného média je závislá na viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Negativní důsledkem vyšší viskozity je omezení průniku média mezi třecí plochy, zhoršení jeho proudění a snížení odvodu tepla. Viskóznější



médium ve větším množství ulpívá na třískách, čímž dochází k jeho značným ztrátám. Pevnost mazací vrstvy se zvyšuje přísadami povrchově aktivních látek, které napomáhají pronikání do trhlin deformovaného kovu a usnadňují tak vlastní proces řezání. <sup>[4]</sup>

### ***Čistící účinek***

Čistící účinek řezného média spočívá zejména v odstraňování třísek z místa řezu. Čistící účinek je významný zejména při broušení (zlepšení řezivosti brousicího kotouče v důsledku vyplavování zanesených pórů, zabránění slepování částic třísky a usnadnění jejich usazování), řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr. <sup>[4]</sup>

### ***Provozní stálost***

Měřítkem provozní stálosti řezného média je doba jeho výměny. Dlouhá doba mezi jednotlivými výměnami média je podmíněna tím, aby se jeho vlastnosti po celou tuto dobu neměnily. Stárnutí řezného média olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností média, jeho rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátu ochranných schopností, korozi a hnilobný rozklad. Provozní stálost řezného média závisí na jeho fyzikálních a chemických vlastnostech a na pracovní teplotě. <sup>[4]</sup>

### ***Ochranný účinek***

Ochranný účinek řezného média se projevuje tím, že nenapadá kovy a nepůsobuje korozi. Tento požadavek je důležitý proto, aby nebylo nutné výrobky mezi jednotlivými operacemi konzervovat a aby byl obráběcí stroje chráněny před korozí. Pro zvýšení antikorozního účinku jsou do řezného média přidávány pasivační přísady. Dalším důležitým požadavkem je, aby řezné médium nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů a nebylo agresivní vůči gumovým těsněním. <sup>[4]</sup>

### ***Zdravotní nezávadnost***

Požadavek na zdravotní nezávadnost řezného média vychází z toho, že při práci na obráběcích strojích s ním obsluhující pracovník přichází do přímého styku. Proto médium nesmí být zdraví škodlivé, nesmí obsahovat látky dráždivé sliznici a pokožku, nesmí být jedovaté a nesmí znečišťovat ovzduší nepříjemným zápachem. Jeho zdravotní nezávadnost závisí také na jeho provozní stálosti a čistotě. Přitom je nutné v provozu dbát na to, aby byla zajištěna základní hygienická opatření, jako je větrání

(někdy je nutné, aby vznikající páry byly odsávány), umývání, preventivní ochrana pokožky apod. <sup>[4]</sup>

### ***Přiměřené provozní náklady***

Přiměřené provozní náklady souvisí především se spotřebou řezného média. Při rozboru nákladů je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění (průběh plastických de-formací v zóně řezání, opotřebení, trvanlivost, ostření nebo výměna nástroje, změny struktury povrchu obrobené plochy, spotřeba energie). Po tomto rozboru musí následovat hodnocení řezného média s ohledem na jeho provozní stálost, spotřebu, výměnu a náklady na likvidaci. Jedině podrobný technicko-ekonomický rozbor může rozhodnout o vhodnosti určitého druhu řezného média. Hodnocení podle cenových rozdílů je sice jednoduché, ale zcela nedostačující, protože cena řezného média není tím hlavním parametrem, který by rozhodujícím způsobem ovlivňoval ekonomii obrábění. <sup>[4]</sup>

## **2. SHRNUTÍ POZNATKŮ O INTEGRITĚ POVRCHU PŘI SOUSTRUŽENÍ A VLIVU PROCESNÍ KAPALINY NA TECHNOLOGII SOUSTRUŽENÍ. DEFINICE POJMU DRSNOST POVRCHU, METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU.**

### **2.1 Shrnutí poznatků o integritě povrchu při soustružení**

Integrita povrchu je vztah mezi geometrickými vlastnostmi povrchu a fyzikálními vlastnostmi jako je tvrdost povrchu, mikrotvrdost, povrchové napětí a fázové změny. Je odrazem podmínek, za kterých funkční plocha vzniká, bere v úvahu důsledky působení technologických metod na jakost obrobené plochy a dává je do vztahu k funkčním požadavkům na celý výrobek. <sup>[5]</sup>

#### ***Mikrotvrdost***

Mikrotvrdost je především určována pro tenké vrstvy, definice je stejná jako u klasické tvrdosti, ale hlavní rozdíl je ve volbě velikosti maximálního zatížení. Maximální zátěž při měření mikrotvrdosti se pohybuje v rozsahu od 1g do 1000g. Zatímco běžné zkoušky tvrdosti podle Vickerse jsou převážně při zatížení mezi 100g a 120 000g. Důvodem použití tak nízkých zátěžových sil je nutnost měření tvrdosti samotné vrstvy bez vlivu materiálu, na kterém je vrstva nanesená. <sup>[6]</sup>

Protože vtisky při zkoušení mikrotvrdosti jsou malé, je použití této metody vhodné pro:

- malé nebo tenké součásti;
- měření tvrdosti malých, vybraných oblastí zkušebního vzorku;
- měření mikrotvrdosti strukturních složek a fází;
- hodnocení vrstev po chemicko-tepelném zpracování;
- měření tvrdosti velmi tenkých kovových a jiných anorganických povlaků;
- hodnocení svarových spojů;
- pro hodnocení oduhličujících procesů;
- studium difúzních pochodů;

### ***Povrchové napětí***

Plastická deformace a teplotní vlivy při obrábění, kdy teplota povrchové vrstvy může například při broušení dosáhnout až 1200°C, způsobuje značná pnutí v povrchových vrstvách obrobku. <sup>[7]</sup>

Při nízkých teplotách řezání vznikají ve zpevněné povrchové vrstvě napětí tlaková a ve spodních vrstvách tahová. Při vysokých teplotách ohřátá povrchová vrstva ochlazováním zmenšuje svůj objem, čemu brání spodní studenější vrstva a vznikají v povrchové vrstvě napětí tahová a ve spodních tlaková. <sup>[7]</sup>

Tlaková pnutí způsobují zvýšení meze únavy a zlepšují odolnost povrchu proti opotřebení. Tahová pnutí mez únavy snižují a zhoršují odolnost proti opotřebení. <sup>[7]</sup>

## **2.2 Vliv procesní kapaliny na technologii soustružení**

Procesní kapaliny mají veliký vliv na vytvoření vhodného řezného prostředí, které bude napomáhat k vytvoření kvalitnější obrobene plochy, ale i prodloužení životnosti obráběcího nástroje a tím i snižovat ekonomické náklady. <sup>[8]</sup>

Při soustružení půjde o dodržení trvanlivosti nástroje a tomuto požadavku nejlépe vyhovují emulze. Při tvarovém soustružení, kdy tvarový nůž má vedle tvaru zabezpečit i dokonalou jakost obrobene plochy, je vhodné volit řeznou kapalinu s dobrými mazacími účinky, tj. řezný olej nebo emulze o vyšší koncentraci, případně emulze s přísadami. <sup>[8]</sup>



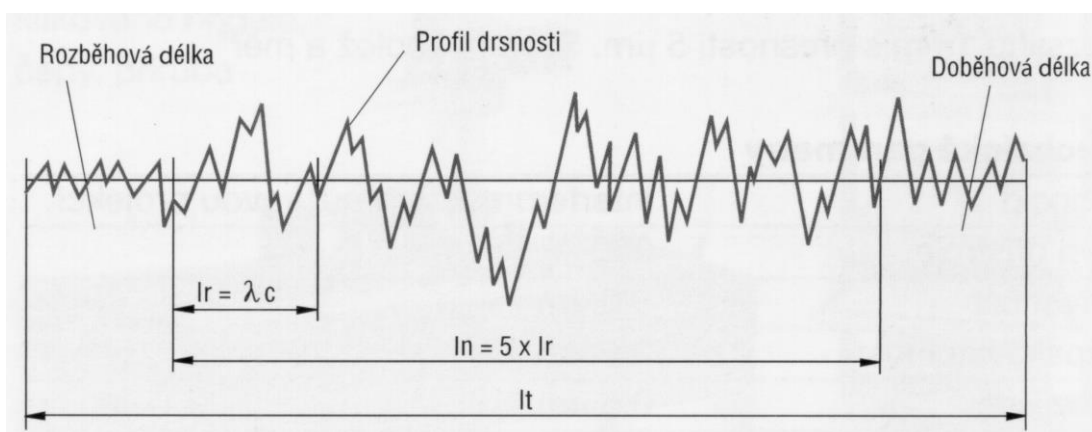
*Obrázek 3 připravený nástroj k soustružení za pomoci procesní kapaliny*

## 2.3 Definice pojmu drsnost povrchu

Drsnost povrchu znamená jakost obráběného povrchu. Určuje se podle způsobu obrábění, vzhledu a hloubky stop po nástroji. Je to vlastně to, jak vypadá, jak se klikatí a kterým směrem jsou rýhy, jak hluboké a podobně.

Základní délka  $l_r$  – délka ve směru osy x používaná pro rozpoznání nerovností charakterizující daný profil. Vyhodnocovaná délka  $l_n$  – délka ve směru osy x na které se profil vyhodnocuje. Existují 3 základní parametry, na jejichž základě se hodnotí drsnost povrchu: 7

- výškové parametry,
- délkové parametry,
- tvarové parametry



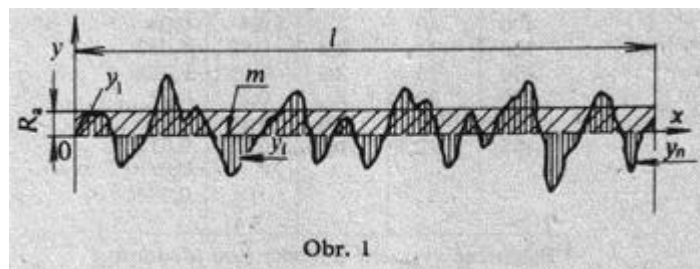
Obrázek 4 graf naměřených hodnot drsnosti povrchu

Z široké škály hodnotících parametrů se nejčastěji používají tyto:

### ***Střední aritmetická úchylka profilu $R_a$***

Aritmetický průměr absolutních hodnot  $Z_{(x)}$  v rozsahu základní délky. Tato hodnota nevypovídá zcela přesně o dané drsnosti, protože  $R_a$  nereaguje citlivě na extrémní výšky a hloubky měřeného profilu. <sup>[1]</sup>

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n}$$



Obrázek 5 Schéma určování střední aritmetické drsnosti  $R_a$

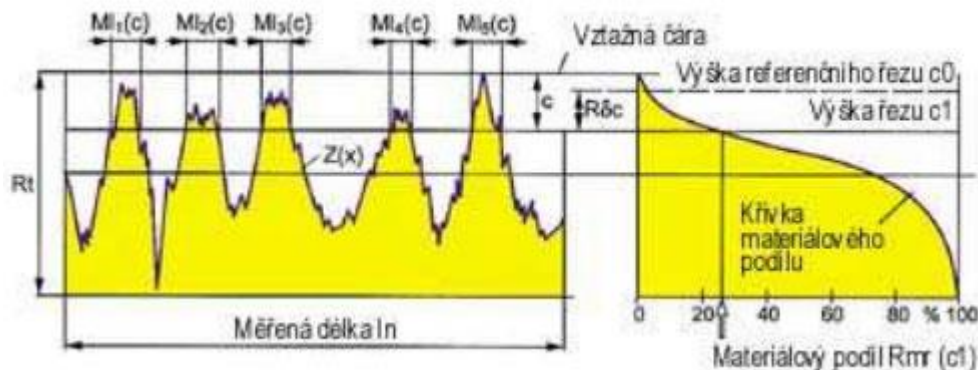
### Největší výška profilu $R_z$

Součet největší výšky profilu a největší hloubky profilu v rozsahu základní délky.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{j=1}^5 |y_{pj}|}{5}$$

### Křivka materiálového poměru profilu (nosná křivka) $C_{tp50}$

Křivka představující materiálový podíl poměru profilu v závislosti na na výšce úrovně.



Obrázek 6 Určení křivky materiálového poměru profilu

## 2.4 Metody měření drsnosti povrchu

Měření a hodnocení struktury povrchu vyžaduje speciální metodiku měření a hodnocení s využitím jednoúčelových měřících zařízení. Hodnocení sledované plochy provádíme pomocí hodnot, které naměříme přístrojem na měření parametrů drsnosti a následným porovnáním s hodnotami požadovanými pro funkčnost sledované plochy výkresem nebo výrobní dokumentací.<sup>[9]</sup>

### ***Porovnávací metoda***

Porovnání drsnosti povrchu součásti s drsností povrchu na vzorkovnici. Vzorkovnice obsahují sady etalonů s povrchy zhotovenými jednotlivými výrobními způsoby, u nichž hodnoty  $R_a$  odpovídají hodnotám praktické řady stupně drsnosti. Etalony mají tvar destiček nebo válečků. [9]



*Obrázek 7 Porovnávací sada etalonů pro měření drsnosti*

### ***Metoda světelného řezu***

Metoda využívá úzký rovnoběžný svazek světelných paprsků, který je promítán optickým systémem na měřený povrch pod úhlem  $45^\circ$ . Průnikem této světelné roviny a povrchu součásti vznikne obraz profilu šikmého řezu nerovností plochy. K měření se používají mikroskopy s mikrometrickými okuláry, na kterých se odečítá pomocí nitkového kříže v okuláru. [9]



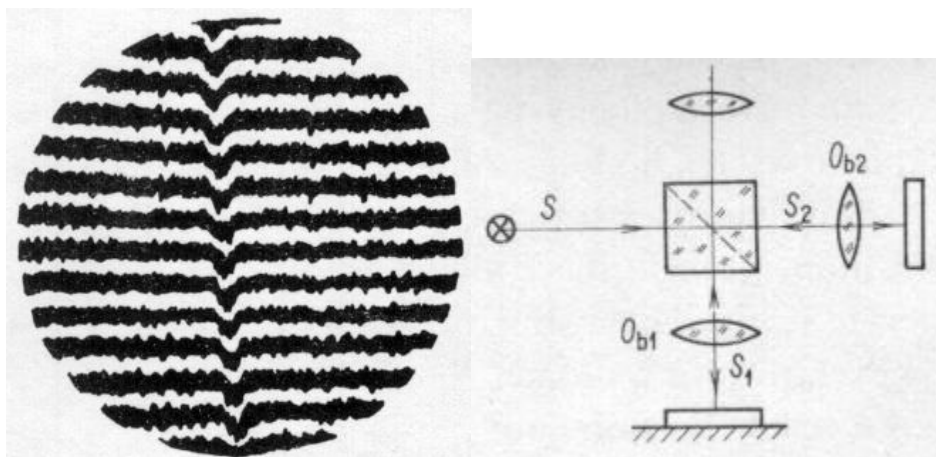
*Obrázek 8 mikroskop s mikrometrickým okulárem*

### ***Interferenční metoda***

Princip: Svazek paprsků, vycházející ze zdroje světla se rozdílí je v polopropustné rovině (vytvořené ve skleněném hranolu) na dva dílčí (koherentní-mají stejnou vlnovou délku a stejnou frekvenci) paprsky. Jeden jde na povrch měřené součásti a zpět a druhý na odrazné zrcadlo a zpět. Oba paprsky se opět spojují (interferují) v dělicí rovině a míří do okuláru.

Ideální rovné plochy ukazují stejnoměrné rovnoběžné proužky. Jejich vzdálenost odpovídá  $\lambda/2$ . Je-li na povrchu rýha, projeví se na interferenčním obrazu vychýlením proužků. Hloubku rýhy tedy zjistíme porovnáním ze vzdáleností proužků s jejich vychýlením.

Je-li rozdíl drah obou paprsků roven polovině vlnové délky  $\lambda$  použitého monochromatického světla, vytvoří se v zorném poli mikroskopu tmavé body, které se spojí v souvislé interferenční čáry.<sup>[9]</sup>



*Obrázek 9 Schéma a výsledek měření drsnosti interferenční metodou*

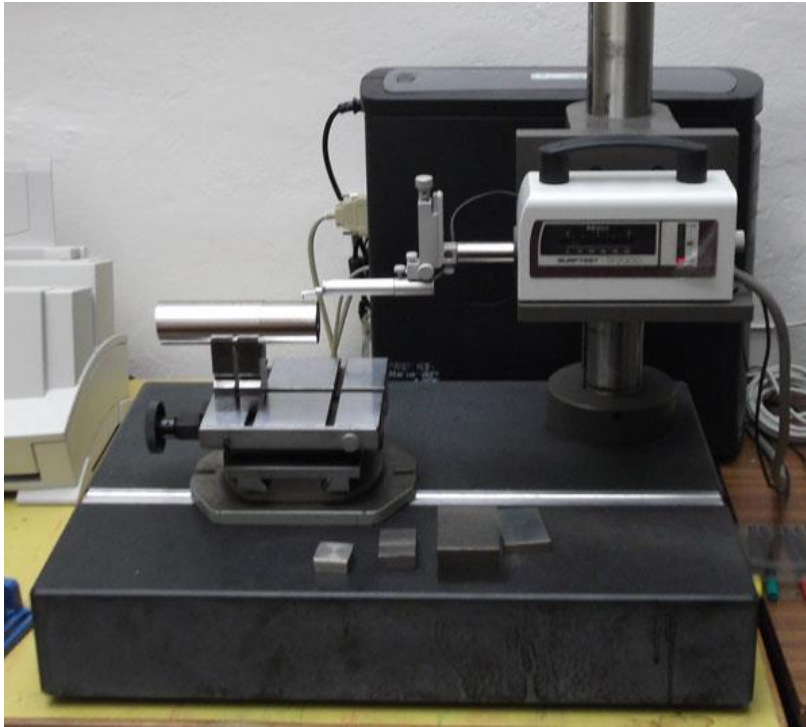
### ***Dotyková metoda***

Jedná se o nejrozšířenější (a normovanou) metodu měření povrchu. Při měření dotykovým způsobem se používají dotykové profilometry, které se skládají z mechanické a elektronické části.

Mechanická část snímá pomocí hrotu nerovnosti povrchu. Vertikální pohyb hrotu je v převodníku transformován na elektrický signál, který je zpracován buď do číselné hodnoty parametrů struktury povrchu, nebo grafického záznamu



profilu. Zpracování naměřených dat je prováděno buď přímo ve vyhodnocovací části profilometru, nebo s využitím dodávaného softwaru v připojeném počítači.<sup>[9]</sup>



*Obrázek 10 Dotykový drsnoměr Mitutoyo SV-2000*

### 3. NAVRŽENÍ METODIKY ZKOUMÁNÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE A DRSNOSTI POVRCHU PŘI SOUSTRUŽENÍ NEREZOVÉ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.

#### 3.1 Popis použitých přístrojů, nástrojů a měřících zařízení

##### *CNC soustruh CHEVALIER FCL-2140*

Operace měření trvanlivosti nástroje pro různé procesní kapaliny byla prováděna na CNC soustruhu CHEVALIER FCL-2140.



*Obrázek 11 CNC soustruh Chevalier FCL-2140*

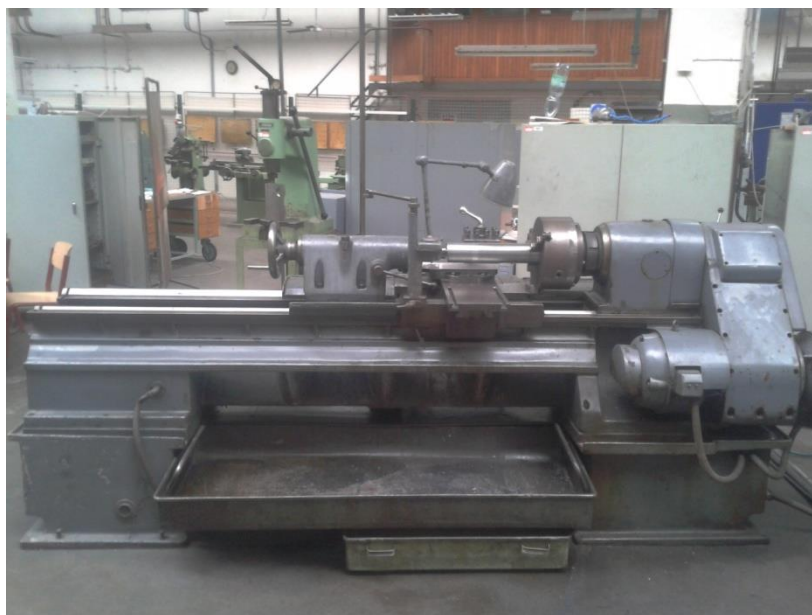
##### *Technické parametry:*

- řídicí systém FAGOR8055
- Točný průměr nad suportem: 310 mm
- Točný průměr nad ložem: 540 mm
- Točná délka: 1000/1500/2000 mm
- Rozsah otáček: 27-2250 ot/min

[10]

##### *Soustruh SU-50*

Analýza vlivu procesních kapalin na drsnost obrobené plochy byla provedena na univerzálním soustruhu SU – 50.



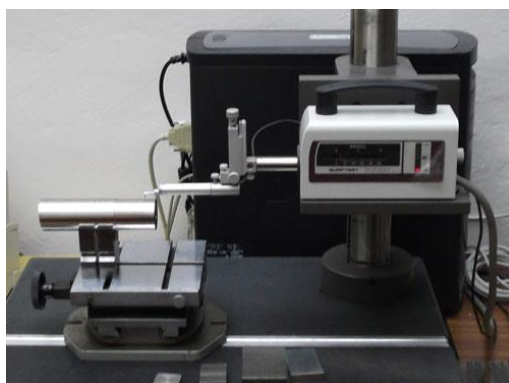
*Obrázek 12 Univerzální soustruh SU-50*

***Technické parametry:***

- Točný průměr nad suportem: 250 mm
- Točný průměr nad ložem: 500 mm
- Točná délka: 2000 mm
- Rozsah otáček 11-1400 ot/min

***Drsnoměr Mitutoyo SV-2000***

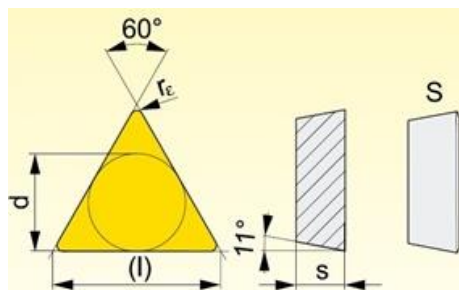
Měření drsnosti probíhalo v laboratoři KOM FS TUL na přístroji Mitutoyo SV-2000. Měřicí software – Surfpark



*Obrázek 13 Měření drsnosti – Mitutoyo SV-2000*

### ***Břítová destička TPUN 160304 ;8230***

Řezným nástrojem zvolena břítová destička firmy Pramet Tools s. r. o. TPUN 160304;8230.

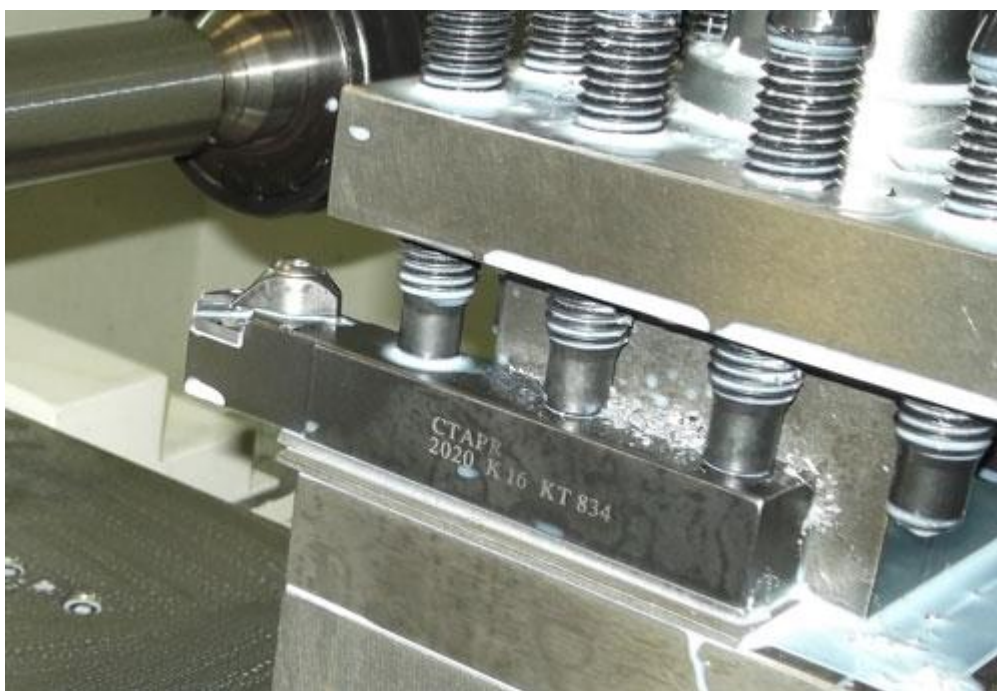


*Obrázek 14 Schéma břítové destičky*

Rozměry destičky:  $l = 16,50 \text{ mm}$ ;  $d = 9,53 \text{ mm}$ ;  $s = 3,18 \text{ mm}$ ;  $r_e = 0,4 \text{ mm}$

### ***Soustružnický nůž CTAPR 20x20 K16 KT 834***

Soustružnický nůž byl zvolen s vyměnitelnými břítovými destičkami CTAPR 20x20 K16 KT 834 firmy Pramet Tools s. r. o.



*Obrázek 15 Soustružnický nůž Pramet Tools s. r. o. CTAPR 2020 K16*

### ***Technické parametry:***

- $h=h_1 = 20 \text{ mm}$ ;  $b = 20 \text{ mm}$ ;  $f = 20,5 \text{ mm}$ ;  $l_1 = 125 \text{ mm}$ ,  $l_{2\max} = 32 \text{ mm}$ ; úhel nastavení  $90^\circ$  [10]

### ***Ruční refraktometr Brix 0-18% ATC***

K určování požadované frakce kapaliny byl použit refraktometr Brix 0-18%. Přesnost měření  $\pm 0,15\%$ .



*Obrázek 16 Refraktometr Brix 0-18%*

### ***Nástrojová lupa Brinell***

Měření otupení břitu nástroje byla použita nástrojová lupa Brinell. Lupa zvětšuje 24x se stupnicí po 0,05 mm.



*Obrázek 17 Nástrojová lupa Brinell*

## **3.2 Charakteristika obráběného materiálu**

Pro analýzu vlivu procesní kapaliny na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu byla použita korozivzdorná ocel ČSN 17 240. Původní rozměry obrobku jsou  $\varnothing 98,1$  mm o délce  $l = 7\,100$  mm.

Chemický prvek [%]							
Materiál	C	Si	Mn	P<=	S<=	Cr	Ni
ČSN 17 240	<0,07	<1	<2	0,045	0,030	17 ÷ 20	9 ÷ 11,5

*Tab. 1 Chemické složení materiálu ČSN 17 240<sup>[11]</sup>*

Austenitická kyselinostálá ocel s 18/10 Cr/Ni. Odolává teplotám až do 350°C. Vhodná pro svařování el. obloukem do tloušťky materiálu 6 mm bez další tepelné úpravy. Ocel má velmi dobré leštící schopnosti, dobrou tvárnost, hlubokotažnost a obrobiteľnosť. Používa sa v priemysle potravinárskom, chemickom, farmaceutickom a architektúre - napr. pri výrobe nápojů (mlékárenství, pivovarnictví, vinařství), chemické aparatury (trubní rozvody, varné nádoby, destilační zařízení, ve stavebnictví (sanitární zařízení, kanálové vpustě, vybavení kuchyní, zábradlí, umělecké předměty). <sup>[12]</sup>

### 3.3 Procesní kapaliny

Pro tuto metodu bylo použito 6 kapalin světových výrobců. Všechny kapaliny splňují ekologické normy. Názvy kapalin jsou následující: Grindex 10, Blasocut BC 35 Kombi, Vasco 1000, Cimstar 620, Paramo EOPS 1030 a Hocut 795b. Pro měření drsnosti povrchu jsme ještě použili čistou vodu pro srovnání.

Název kapaliny	Refrakční koeficient [-]	Hodnota na refraktometru [%]
Hocut 795B	K = 1	r = 5
Paramo EOPS 1030	K = 1,1	r = 4,5
Grindex 10	K = 1,6	r = 3,1
Cimstar 620	K = 1,4	r = 3,6
Blasocut BC 35 Kombi	K = 1	r = 1
Vasco 1000	K = 1	r = 1

Tab. 2 Rozdělení kapalin podle součinitele frakce

#### **Hocut 795b**

Emulsní olej je vytvořen na základě nejnovějších poznatků fy. Houghton. Jedná se o mléčnou emulsi s velmi nízkým sklonem k pěnovosti a s vysoce výkonnými mazacími bezchlorovými aditivy. Tato výjimečná formulace zajišťuje vynikající kvalitu obráběné plochy a zajišťuje vysokou trvanlivost nástrojů.

Zároveň tato formulace nadstandartní životnost emulze v systému. Využití k obrábění hliníku, slitin hliníku a pro vysoce jakostní legované oceli. Kapalina je předurčena pro aplikaci v systémech pro vysokotlaké chlazení v moderních CNC automatech. <sup>[13]</sup>

### ***Grindex 10***

Grindex 10 je syntetická, s vodou mísitelná vysoce výkonná chladicí a mazací látka bez obsahu oleje určená pro broušení. Chladicí a mazací látka pro nejrozmanitější způsoby broušení litin a ocelí. <sup>[14]</sup>

### ***Blasocut BC 35 Kombi***

Blasocut BC 35 Kombi je s vodou mísitelná, chladicí a mazací látka bez obsahu chlóru na bázi minerálních olejů. Polární aditiva zaručují zvýšený výkon při třískovém opracování. Univerzální výrobek vhodný pro lehké a střední třískové opracování, stejně jako broušení litiny, oceli, slitin hliníku a barevných kovů. <sup>[14]</sup>

### ***Vasco 1000***

Vasco 1000 je s vodou mísitelná vysoce výkonná chladicí a mazací látka bez obsahu chlóru na bázi rostlinných olejů a přírodních esterů. Vysoce výkonný výrobek, vhodný pro střední a těžké druhy třískového obrábění litiny, ocelí, slitin hliníku, barevných kovů a těžce obrobitelných materiálů. Je použitelný rovněž pro broušení. <sup>[14]</sup>

### ***Paramo EOPS 1030***

Polosyntetická univerzální obráběcí kapalina s vyváženým chladicím a mazacím účinkem. Určená je pro široké spektrum obráběcích operací jak nástroji s přesně definovanou geometrií, tak i s nástroji, kde geometrie břitu není přesně definována. Broušení měkkých ocelí, bezhroté broušení měkkých i tepelně zpracovaných ocelí, soustružení, frézování, obrábění osovými nástroji na obráběcích centrech i univerzálních obráběcích strojích. <sup>[15]</sup>

### ***Cimstar 620***

Cimstar 620 je čirá, oranžová, mísitelná s vodou emulze. Cimstar 620 je univerzální řezná kapalina doporučovaná pro střední až náročné broušení a obrábění železných a nejvíce neželezných kovů. Je vhodný zejména pro slitiny hliníku.



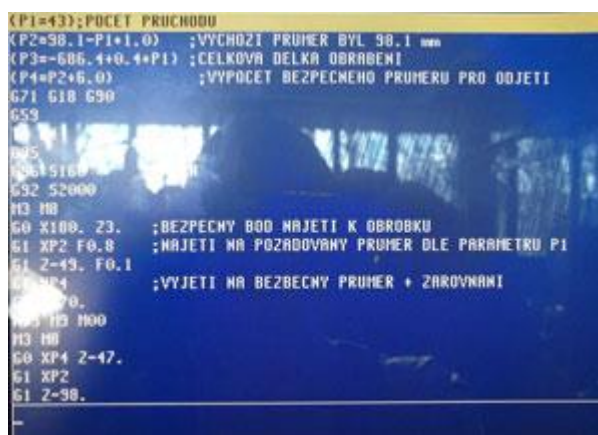
Cimstar 620 je produkt určený jak pro použití pro jednotlivé stroje, tak i pro centrální systémy. <sup>[16]</sup>

### 3.4 Metodika zkoumání trvanlivosti nástroje při soustružení nerezové oceli na CNC soustruhu CHEVALIER FCL – 2140

#### 3.4.1 Příprava CNC soustruhu CHEVALIER FCL – 2140

Před spuštěním samotného soustruhu bylo nutné vizuálně zkontrolovat celý stroj. Zkontrolovat upnutí nože, upnutí obrobku, zda je pinola pevně přidělaná a podpírá obrobek. Dále bylo nutné do zásobníku na procesní kapalinu namíchat požadovanou koncentraci kapaliny a změřit refraktometrem. Další důležitou součástí bylo promazat lože ve dvou pracovních osách.

Samotný CNC program a první spuštění stroje nastavil pan Ing. Petr Keller Ph.D. Jednalo se o přepsání stávajícího programu, který byl uložený v paměti soustruhu a následné nastavení korekcí nástroje.



Obrázek 18 Část CNC programu na obrazovce soustruhu Chevalier FCL-2140



### 3.4.2 Použitý CNC program

- (P1=1); VÝCHOZÍ PRŮMĚR BYL 98,1 mm
- (P3=-686.4+0,4\*P1) ;CELKOVÁ DÉLKA OBRÁBĚNÍ
- (P4=P2+6.0)
- G71 G18 G90
- G59
- G96 S460 ;M/MIN
- G92 S2000
- M3 M8
- G0 X180. Z3. ;BEZPEČNÝ BOD NAJETÍ K OBROBKU
- G1 XP2 F0.8 ;NAJETÍ NA POŽADOVANÝ PRŮMĚR DLE PARAMETRU P1
- G1 Z-49. F0.1
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-47
- G1 XP2
- G1 Z-98
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-96
- G1 XP2
- G1 Z-147
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-145
- G1 XP2
- G1 Z-196
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-194

- G1 XP2
- G1 Z-245
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-243
- G1 XP2
- G1 Z-294
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-292
- G1 XP2
- G1 Z-343
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-341
- G1 XP2
- G1 Z-392
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-390
- G1 XP2
- G1 Z-441
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-439
- G1 XP2
- G1 Z-490
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8

- G0 XP4 Z-488
- G1 XP2
- G1 Z-539
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-537
- G1 XP2
- G1 Z-588
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-586
- G1 XP2
- G1 Z-637
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270.
- M3 M8
- G0 XP4 Z-635
- G1 XP2
- G1 XP3
- G1 XP4 ;VYJETÍ NA BEZPEČNÝ PRŮMĚR + ZAROVNÁNÍ
- G0 X270
- G0 Z2
- M05 M9
- M30

### 3.4.3 Příprava obráběného materiálu

Celý obrobek byl za pomoci pana Ing. Miloslava Ledviny upnut do sklíčidla a opřen o koníka. Jelikož v počáteční fázi docházelo k házení obrobku, přešel nůž dvakrát pracovní plochu, aby došlo k finálnímu zarovnání.



*Obrázek 19 Připravený a upnutý obrobek*

### 3.4.4 Příprava procesních kapalin

Příprava procesní kapaliny probíhala přímo v zásobníku na kapalinu. Odhadovaným množstvím čisté vody z kohoutku (přibližně 6 litrů) a poměrným množstvím koncentráту kapaliny jsme namíchali požadovanou frakci kapaliny. Měřili jsme kapalinu průběžně pomocí refraktometru. Následně se finální emulze přikryla zásobníkem na třísku a kapalina byla připravena k použití.

Během pracovního cyklu se kapalina průběžně měřila. Bylo riziko, že se koncentrace kapaliny změní, a to v důsledku vypařování vody, nebo usazení emulze. Kapalina je čerpána čerpadlem a potrubím hnána přímo k místu řezu a k břitové destičce. Po skončení soustružení se kapalina nabrala zpět do připravených nádob a byla připravena pro další soustružnické operace. Celý stroj se následně musel vyčistit a propláchnout vodou, aby nedošlo ke kontaminaci s další kapalinou.

### 3.4.5 Stanovení řezných podmínek pro obrábění

Cílem našeho experimentu bylo měření trvanlivosti nástroje při zachování řezné rychlosti. Ta byla stanovena na  $v_c = 160 \text{ m/min}$ . Další parametry pro měření byl posuv  $f = 0,1 \text{ mm/ot}$  a hloubka záběru  $a_p = 0,5 \text{ mm}$ . V CNC programu bylo nutné měnit parametr průchodu při každé změně průměru. Tedy otáčky se

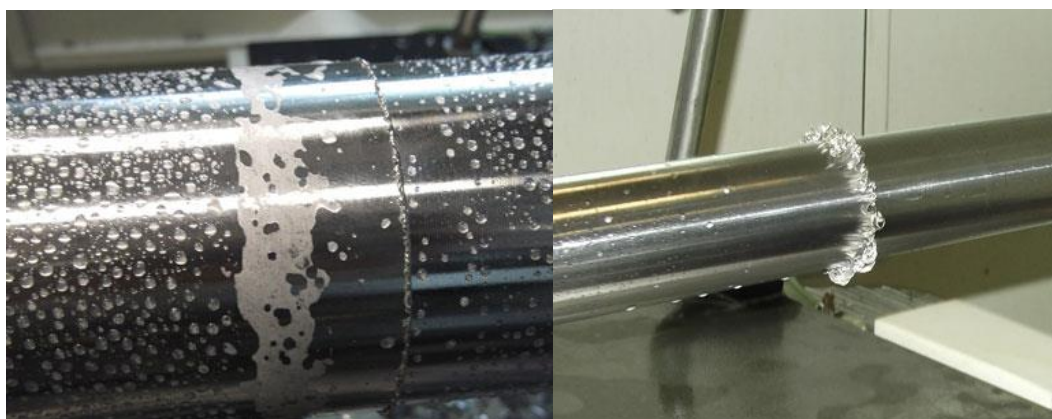
automaticky zvyšovali v závislosti na snižování průměru. Otáčky se pohybovaly od 533 ot/min do 1308 ot/min. Při zachování těchto řezných podmínek jsme docílili optimální doby opotřebení a mohli jsme reálně porovnávat vliv jednotlivých kapalin.

#### 3.4.6 Metodika měření trvanlivosti

Délka jednotlivých úseků pro měření trvanlivosti byla zvolena 49 mm. A to jako optimální délka pro měření míry otupení a zároveň kvůli délce základního polotovaru, který tím pádem šel rozdělit na 14 stejných úseků. Celková délka ujetí nástroje se vypočetla počtem přejetých jednotlivých úseků a vynásobením 49 mm. Všechny tyto informace byly zaneseny právě do CNC programu.

Samotné měření otupení břitové destičky se provádělo optickou lupou Brinell. Hodnotu míry opotřebení lze odhadnout podle velikosti otřepu. Malý otřep znamená malé opotřebení, velký otřep znamená vysoké opotřebení. Hodnota konečného opotřebení byla v našem případě 0,5 mm. Jednotlivé operace se opakovaly, dokud jsme nedosáhli této hodnoty.

K měření jsme měli k dispozici 6 procesních kapalin značek světových výrobců. Pro každou kapalinu bylo provedeno 5 měření a na každé měření byla použita nová destička.



*Obrázek 20 Změna velikosti otřepu v závislosti na opotřebení*

### **3.5 Metodika měření drsnosti povrchu při soustružení nerezové oceli na univerzálním soustruhu SU-50**

#### **3.5.1 Příprava měření**

Pro zkoumání drsnosti povrchu jsme použili ten samý materiál, který byl použit pro měření trvanlivosti. Pouze jsme na pásové pile odřízli část obrobku pro lepší manipulaci a pro lepší upnutí do soustruhu. Dále jsme namontovali jednoduché chladicí zařízení pro optimální objem kapaliny.

#### **3.5.2 Postup měření drsnosti obrobené plochy**

Stanovení řezných podmínek muselo zaručit neovlivnitelnost trvanlivosti bříty nástroje. Otáčky jsme nastavili na  $n = 224$  ot/min, řeznou rychlost na  $v_c = 28,15$  m/min, posuv  $f = 0,1$  mm/ot a hloubku záběru  $a_p = 0,5$  mm.

S ohledem na co nejmenší spotřebu kapaliny jsme zvolili délku jednotlivých úseků na 7 mm. Jelikož měřicí zařízení pro drsnost Mitutoyo Sv-2000 potřebuje pro měření délku 5 mm, byla 7 mm přípustná nejmenší hodnota.

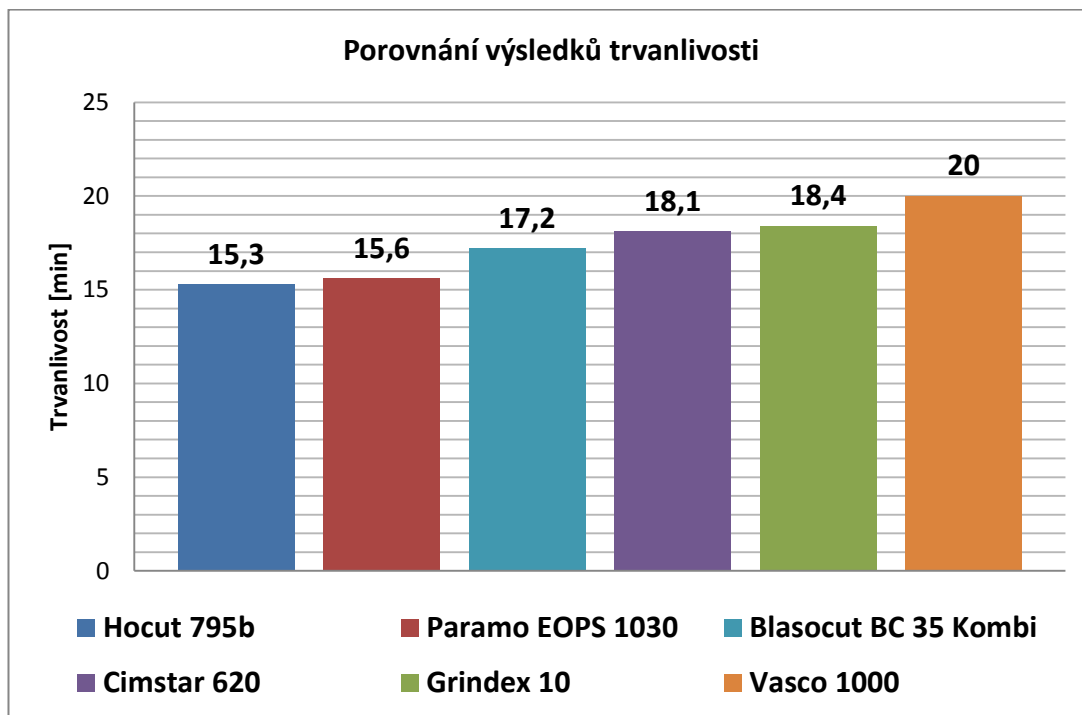
Při změně kapaliny se vždy z bezpečnostních důvodů stroj zastavil a došlo ke změně procesní kapaliny. Takto jsme postupovali 7x. Zkoušeli jsme šest procesních kapalin a čistou vodu.

#### **3.5.3 Vyhodnocování měření drsnosti**

Měření povrchů probíhalo v laboratoři KOM FS TUL na drsnoměru MITUTOYO SV-2000. Pomocí softwaru Surfpark byla jednotlivá měření uložena do PC v digitální podobě. Pro každý vzorek bylo provedeno 10 měření. Z široké škály hodnot nás zajímalo pouze hodnota střední aritmetické úchylky  $R_a$ , dále vzdálenost mezi několika nejvyššími a nejnižšími body  $R_z$  a nosný podíl profilu  $C_{tp50}$  (značí hloubku, ve které je podíl materiálu a vzduchu 1:1). Během měření bylo nutné zachovat klid v laboratoři, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Drsnoměr je v tomto ohledu velice citlivý.

#### 4. ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ V LABORATOŘI KOM FS TUL.

##### 4.1 Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na trvanlivost VBD při soustružení nerezové oceli



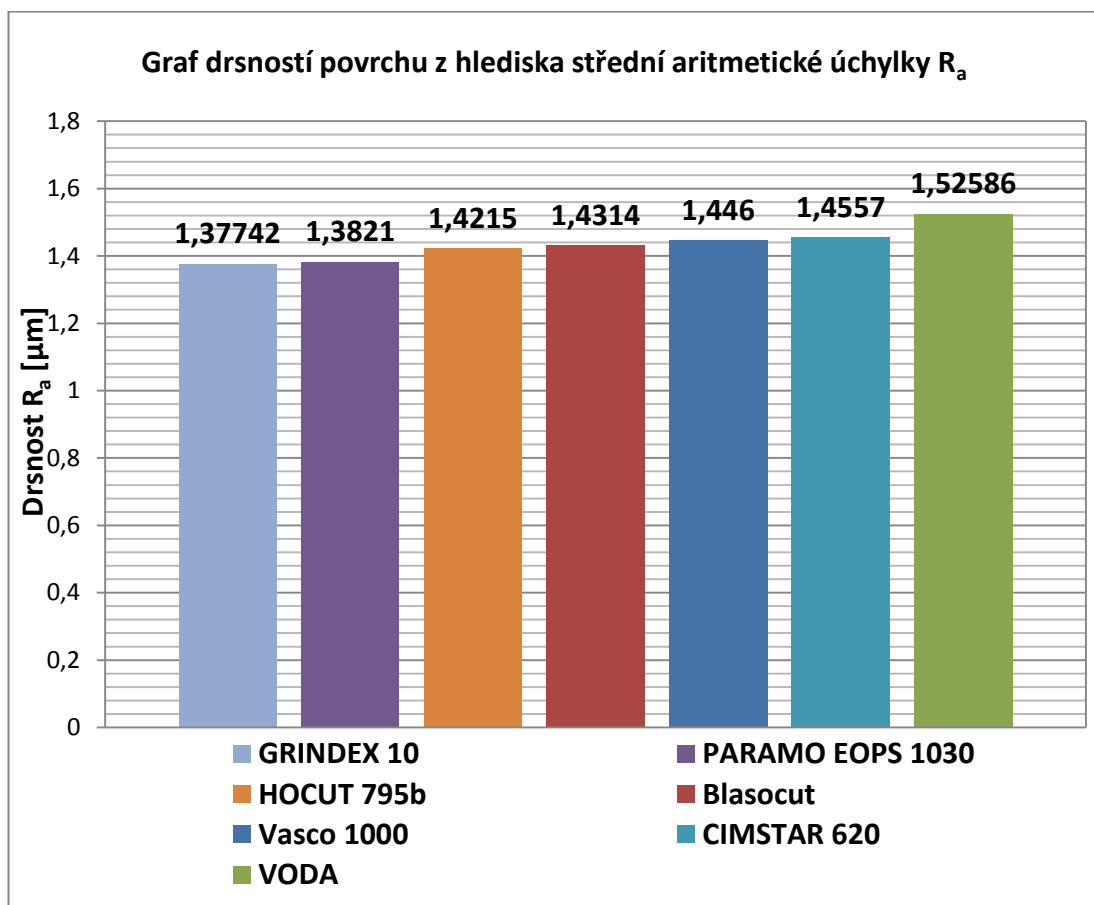
Tabulka 1 Graf výsledků hodnot trvanlivosti

Z grafu můžeme na první pohled zjistit, že mezi jednotlivými kapalinami nejsou výrazné rozdíly. Nejlepší trvanlivost má kapalina Vasco 1000, kde průměrná hodnota trvanlivosti dosáhla 20 minut. Další kapaliny Grindex 10, Cimstar 620 a Blasocut BC 35 Kombi mají trvanlivost menší o 10-15% oproti Vasco 1000. Nejhůře dopadly kapaliny Paramo EOPS 1030 a Hocut 795b. Zde se trvanlivost liší o téměř 25%.

##### 4.2 Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu při soustružení nerezové oceli

V této podkapitole se budu věnovat vlivu procesních kapalin na drsnost povrchu, především z hlediska parametru  $R_a$ ,  $R_z$  a  $C_{tp50}$ .

#### 4.2.1 Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchyly profilu – $R_a$

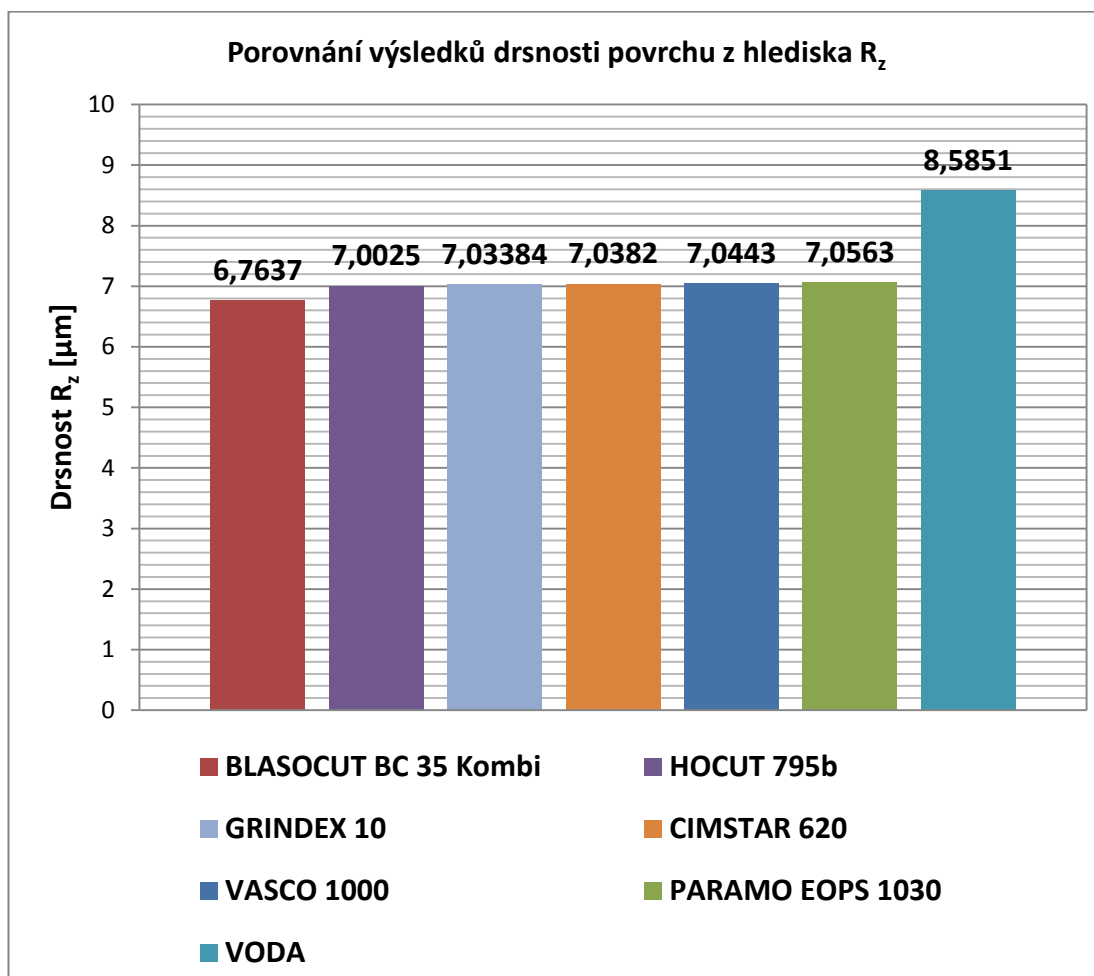


Tabulka 2 Graf vlivu procesní kapaliny na parametr drsnosti  $R_a$

Z grafu je patrné, že nejsou výrazné rozdíly mezi jednotlivými kapalinami. Pouze Grindex 10 a Paramo EOPS 1030 mají nepatrně menší (lepší) drsnost a to o 5%. Oproti vodě zlepšují povrch obrobku o 10-15%. Kapaliny Hocut 795b, Blasocut BC 35 Kombi, Vasco 1000 a Cimstar 620 mají hodnoty střední aritmetické úchyly  $R_a$  téměř stejné. Průměrná drsnost povrchu při použití procesní kapaliny je  $1,41 \mu\text{m}$ .



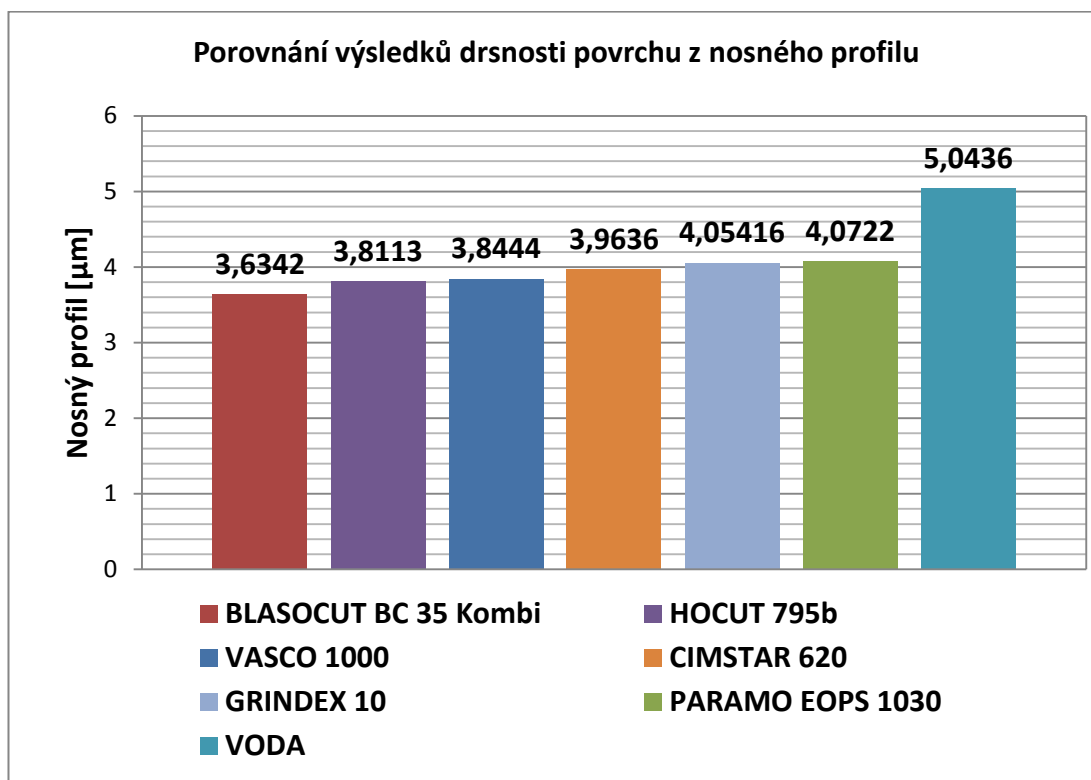
#### 4.2.2 Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchylky profilu – $R_z$



Tabulka 3 Graf vlivu procesní kapaliny na parametr drsnosti  $R_z$

Z grafu vyplývá, že použitím procesních kapalin lze zlepšit parametr drsnosti povrchu  $R_z$  až o 21% oproti použití čisté vody. Nejlepší drsnost  $R_z$  byla dosažena při použití kapaliny Blasocut BC 35 Kombi a to  $R_z = 6,76 \mu\text{m}$ . Nejhorší drsnost byla dosažena při použití kapaliny Paramo EOPS 1030 a to  $R_z = 7,06 \mu\text{m}$ . Ostatní výsledky kapalin se pohybovaly v rozmezí  $R_z = 7 \sim 7,06 \mu\text{m}$ . Voda výrazně převyšovala ostatní hodnoty a její průměrná hodnota je  $R_z = 8,59 \mu\text{m}$ .

#### 4.2.3 Analýza vlivu jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu z hlediska střední aritmetické úchylky profilu – $C_{tp50}$



Tabulka 4 Graf vlivu procesní kapaliny na parametr drsnosti  $C_{tp50}$

Z grafu 4 vyplývá, že použití procesních kapalin má za následek zlepšení nosného podílu  $C_{TP50}$  až o 38%. Největší hodnoty nosného podílu bylo dosaženo při obrábění za použití vody, konkrétně  $C_{TP50}=5,04 \mu\text{m}$ . Naopak nejmenší hodnoty nosného podílu bylo dosaženo při použití kapaliny Blasocut BC 35 Kombi, jejíž průměrná hodnota byla  $C_{TP50} = 3,63 \mu\text{m}$  a přinesla tak zlepšení drsnosti o 38% oproti obrábění za použití vody. Kapaliny Hocut 795b a Vasco 1000 dosahovaly průměrné hodnoty  $C_{TP50} = 3,82 \mu\text{m}$  a zlepšily tak nosný podíl oproti obrábění za použití vody o 32%. Kapaliny Cimstar 620, Grindex 10 a Paramo EOPS dosahovaly podobných výsledků a jejich průměrná hodnota nosného podílu byla  $C_{TP50} = 4,03 \mu\text{m}$  a zlepšily tak nosný podíl o 25%.

## 5. SHRUTÍ A ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ.

Při soustružení nerezové oceli ČSN 17 240 a volbou vhodné procesní kapaliny lze zvýšit trvanlivost nástroje o 25% a tedy zvýšit z 15 minut na 20 minut. To při použití kapaliny Vasco 1000. Další tři kapaliny Grindex 10, Cimstar 620 a Blasocut BC 35 Kombi byla trvanlivost menší o 10-15%. U zbylých dvou kapalin Paramo EOPS 1030 a Hocut 795b byla trvanlivost nejmenší a to až o 25%.

Při soustružení nerezové oceli ČSN 17 240 byla při použití procesní kapaliny průměrná hodnota střední aritmetické úchylky  $R_a = 1,41 \mu\text{m}$ . To je o 5-10% lepší než při použití čisté vody. Nejlepší výsledek dosáhla kapalina Grindex 10 a to  $R_a = 1,38 \mu\text{m}$ . Ostatní kapaliny jsou v následujícím pořadí od nejlepší drsnosti povrchu: Paramo EOPS 1030, Hocut 795b, Blasocut BC 35 Kombi, Vasco 1000 a Cimstar 620.

Při soustružení nerezové oceli ČSN 17 240 byla při použití procesní kapaliny průměrná hodnota střední aritmetické úchylky  $R_z = 7 \mu\text{m}$ . To je o 20% lepší než při použití čisté vody. Nejlepší výsledek dosáhla kapalina Blasocut BC 35 Kombo a to  $R_z = 6,7637 \mu\text{m}$ . Ostatní kapaliny jsou v následujícím pořadí od nejlepší drsnosti povrchu: Hocut 795b, Grindex 10, Cimstar 620, Vasco 1000 a Paramo EOPS 1030.

Při soustružení nerezové oceli ČSN 17 240 za použití vody jako procesní kapaliny byla hodnota nosného podílu  $C_{TP50} = 5,04 \mu\text{m}$ . Při použití procesní kapaliny Paramo EOPS 1030 se zmenšil nosný podíl o 23%. Nejmenšího nosného podílu bylo dosaženo použitím procesní kapaliny Blasocut BC 35 Kombi.

Z těchto závěrů vyplývá jednoznačně nejlepší kapalina Vasco 1000. A to jak z hlediska vlivu na trvanlivost nástroje, tak i na integritu povrchu. Procesní kapalinu Vasco 1000 od výrobce Blaser Swissslube doporučuji při využití v průmyslu.

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

- Protokol - třísky při obrábění 2 listy
- Protokol trvanlivosti nástroje 12 listů
- Protokol měření drsnosti nástroje 3 listy
- Třísky při obrábění – metodika hodnocení 3 listy

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

- <sup>1</sup> *Technologie II: 1. díl* [online]. 2003 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_1dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf)
- <sup>2</sup> *Technologie obrábění*. VUT Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-3068-0.
- <sup>3</sup> *Chladicí a mazací schopnost procesních kapalin při obrábění*. Liberec TUL, 2009. Diplomová práce. TU Liberec.
- <sup>4</sup> MÁDL, Jan. *Technologie obrábění*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007c1999, 3 sv. (80, 84, 88 s.). ISBN 978-80-01-03752-2.
- <sup>5</sup> URBAN. *Integrita povrchu*. In: *Integrita povrchu: základní pojmy* [online]. 2009 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.ateam.zcu.cz/download/Integrita\\_Urban1.pdf](http://www.ateam.zcu.cz/download/Integrita_Urban1.pdf)
- <sup>6</sup> *Mikrotvrdost kovů* [online]. 2011 [cit. 2013-05-5]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/17832>
- <sup>7</sup> *Technologie I. Katedra obrábění a montáže* [online]. 1985 [cit. 2013-05-5]. Dostupné z: [http://www.kom.tul.cz/soubory/tob\\_skr.pdf](http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_skr.pdf)
- <sup>8</sup> *Vliv procesních kapalin na tření a opotřebení nástrojů* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-05-5]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/5942/Hol%C3%BD%20Jan%20-%20Bakal%C3%A1rsk%C3%A1%20pr%C3%A1ce.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce. VUT v Brně.
- <sup>9</sup> KARÁSEK, Jiří. *Drsnost povrchu* [online]. 2007 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://www.kom.tul.cz/soubory/mm\\_pod.zip](http://www.kom.tul.cz/soubory/mm_pod.zip)
- <sup>10</sup> PrametTools, s.r.o., Katalog obrábění - Soustružení 2012. K dispozici na adrese <http://www.pramet.com/indexc1b6.html>
- <sup>11</sup> Převodní a materiálová tabulka, k dispozici na adrese [http://www.marinfo.cz/foto/htm/technickenormy/csn\\_din.html](http://www.marinfo.cz/foto/htm/technickenormy/csn_din.html)
- <sup>12</sup> Vybrané oceli, vlastnosti a použití. K dispozici na adrese [http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli\\_pouziti](http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli_pouziti)
- <sup>13</sup> Chemické obrábění kovů. *Chemické obrábění kovů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: [http://www.houghton.cz/cz\\_oferta-obrobkawiorowa.php](http://www.houghton.cz/cz_oferta-obrobkawiorowa.php)
- <sup>14</sup> Blaser.cz. *Blaser* [online]. 2012 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.blaser.com/index.cfm?type=start&navid=656&land=cz>
- <sup>15</sup> Eshop Paramo. *Paramo produkty* [online]. 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: [http://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/Paramo\\_katalog\\_specialnich\\_vyrobu\\_N.pdf](http://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/Paramo_katalog_specialnich_vyrobu_N.pdf)
- <sup>16</sup> Cimstar, Cimcool. *Cimstar, Cimcool* [online]. 2012 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.norteks.ru/en/product/cimcool/cimstar/>

## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Třísky při obrábění

- procesní kapalina:	<b>Grindex 10, Blasocut, Vasco, Cimstar 620, Paramo 1030, Hocut</b>	datum měření:	18.4.13
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Klemt T.

Fotografie třísky při obrábění Grindex 10



Fotografie třísky při obrábění Blasocut BC 35 Kombi



Fotografie třísky při obrábění Vasco 1000



Fotografie třísky při obrábění Cimstar 620



Fotografie třísky při obrábění Paramo EOPS 1030



Fotografie třísky při obrábění Hocut 795b



## Podmínky měření

Fotografie třísek byly pořízeny v laboratoři KOM FS TUL Fotoaparátem Fujifilm 10Mpx Finepix C10

# Zjištěné údaje o druhu odebrané třísky - tabulka

Soustružení	
Procesní kapalina	Tvar vzniklé třísky
Grindex 10	Vinutá dlouhá
Blasocut BC 35	Vinutá dlouhá
Vasco 1000	Vinutá dlouhá
Cimstar 620	Vinutá dlouhá

Soustružení	
Procesní kapalina	Tvar vzniklé třísky
aramo EOPS 103	Vinutá dlouhá
Hocut 795b	Vinutá dlouhá

1. Stužkové *	2. Vinuté *	3. Spirálové *	4. Vlnité šroubovitě *	5. Kuželovité šroubovitě *	6. Obloukovité ♦	7. Elementární	8. Jehlovité
1.1. Dlouhé	2.1. Dlouhé	3.1. Ploché	4.1. Dlouhé	5.1. Dlouhé	6.1. Spojené		
1.2. Krátké	2.2. Krátké	3.2. Kuželovité	4.2. Krátké	5.2. Krátké	6.2. Dělené		
1.3. Smotané	2.3. Smotané		4.3. Smotané	5.3. Smotané			

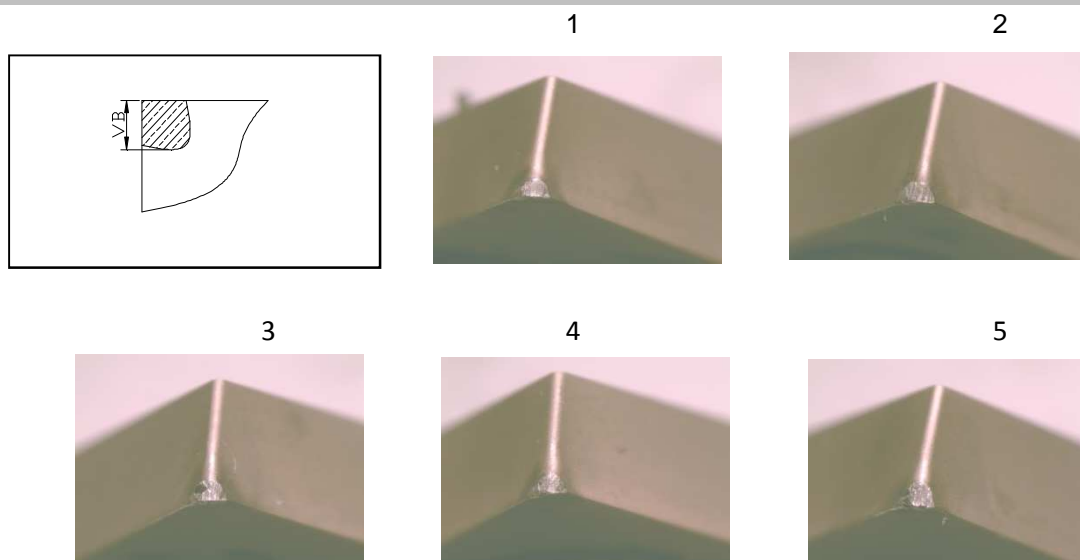
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Blasocut BC 35 Kombi**

datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**prof. Popov,  
měření provedl: Klemt**Podmínky měření**

stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=160 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1
velkost na refraktometru	5
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
833	10,60	0,2
1323	16,70	0,4
1421	18,00	0,5

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
784	9,70	0,1
1470	18,00	0,3
2156	26,20	0,5

L dráha nástroje do místa měření



3		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
686	8,10	0,1
1274	14,90	0,4
1323	15,50	0,5

L dráha nástroje do místa měření

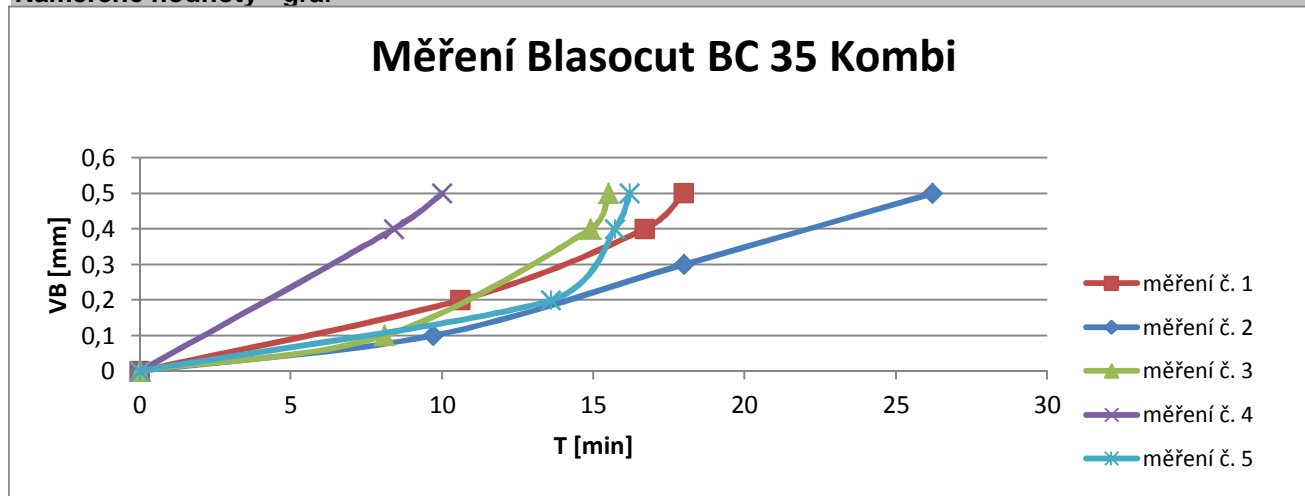
4		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
735	8,40	0,4
882	10,00	0,5

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
1225	13,60	0,2
1421	15,70	0,4
1470	16,20	0,5

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

17,18 min

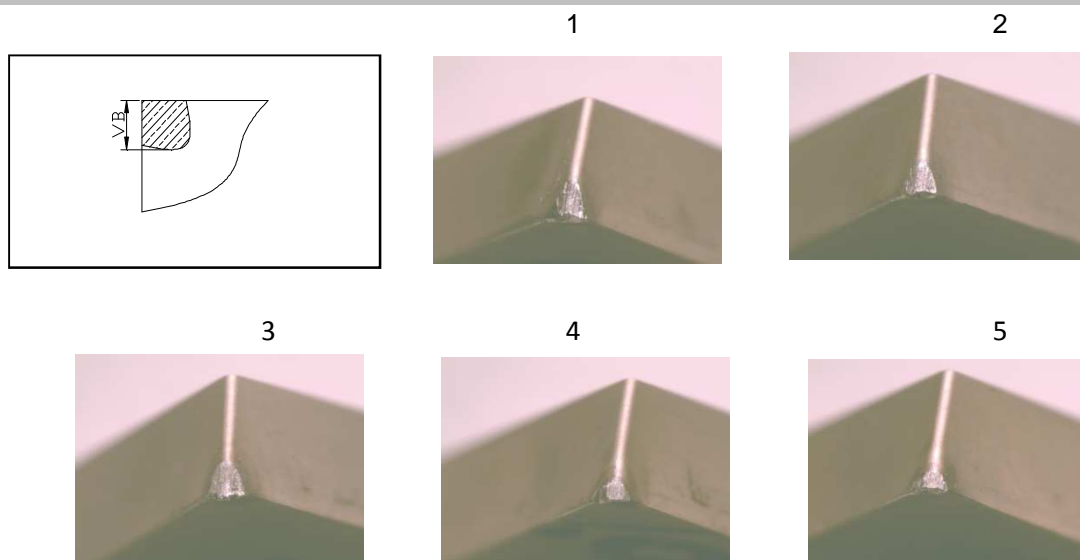
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Grindex 10**

datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**měření provedl: prof. Popov,  
Klemt**Podmínky měření**

stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=245 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,6
velkost na refraktometru	3,1
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
1421	22,90	0,45
1470	23,70	0,6

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
[mm]	[min]	[mm]
0	0	0
686	10,90	0,2
1029	16,30	0,4
1078	17,00	0,5

L dráha nástroje do místa měření

3		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
294	4,60	0,2
637	9,90	0,4
686	10,70	0,8

L dráha nástroje do místa měření

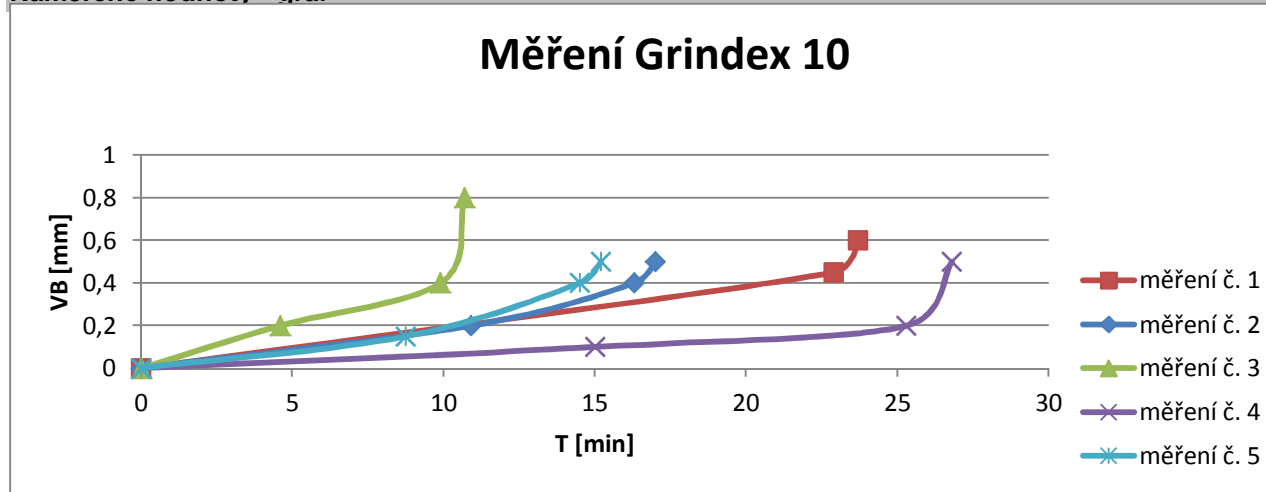
4		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
980	15,00	0,1
1666	25,30	0,2
1764	26,80	0,5

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
588	8,75	0,15
980	14,50	0,4
1029	15,20	0,5

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

18,68 min

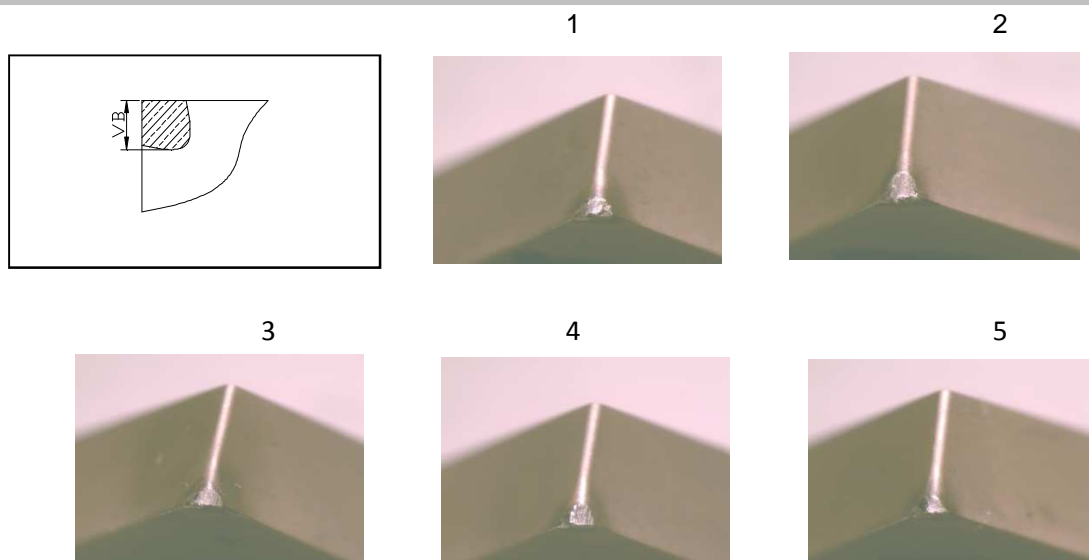
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Vasco 1000**

datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**měření provedl: prof. Popov,  
Klemt**Podmínky měření**

stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=160 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1
velkost na refraktometru	5
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD****Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
392	4,20	0,1
1078	11,50	0,2
1764	18,60	0,5

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
686	7,00	0,2
1176	11,90	0,5

L dráha nástroje do místa měření

3		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
2254	21,70	0,2
2940	28,10	0,4
3185	30,30	0,5

L dráha nástroje do místa měření

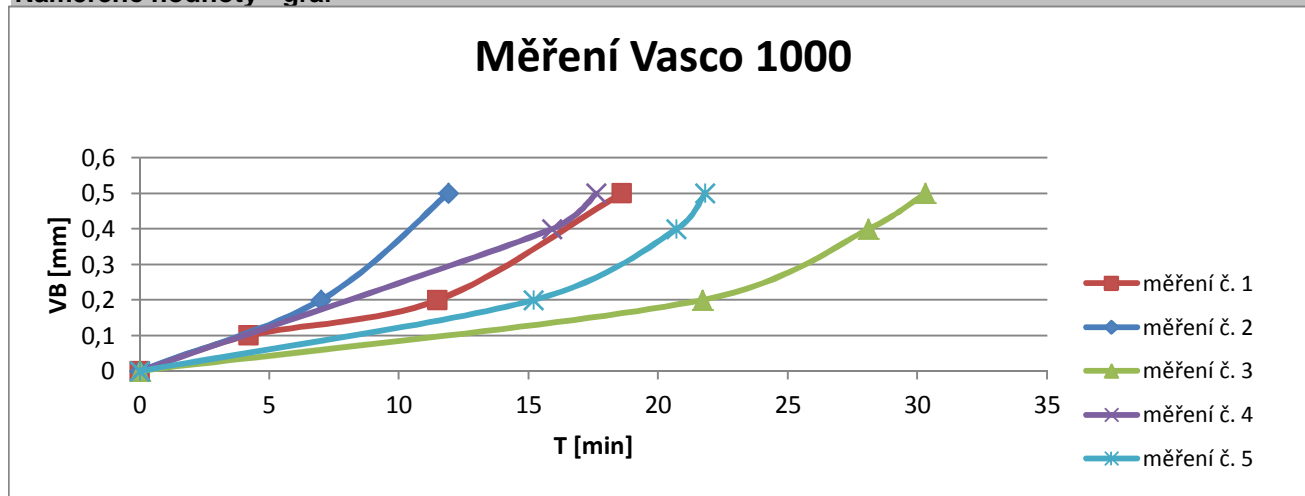
4		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
1813	15,90	0,4
2009	17,60	0,5

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
1862	15,20	0,2
2548	20,70	0,4
2695	21,80	0,5

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

20,04 min

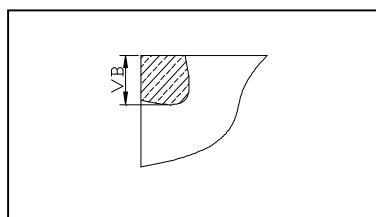
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Cimstar 620**

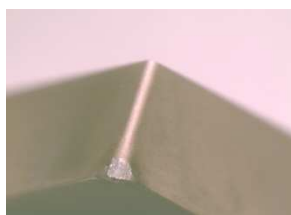
datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**měření provedl: prof. Popov,  
Klemt**Podmínky měření**

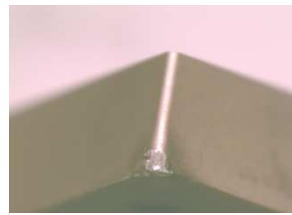
stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=160 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,4
velkost na refraktometru	3,5
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřebené VBD**

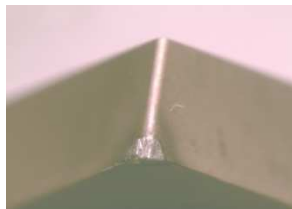
1



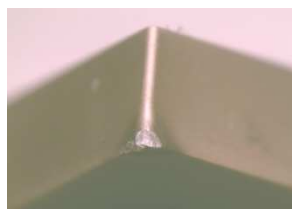
2



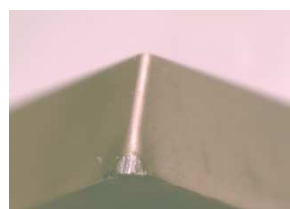
3



4



5

**Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
245	3,60	0,1
686	10,10	0,4
735	10,80	0,5

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
882	12,60	0,3
1078	15,40	0,5

L dráha nástroje do místa měření

3		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
1470	20,40	0,4
1519	21,10	0,4
1568	21,80	0,5

L dráha nástroje do místa měření

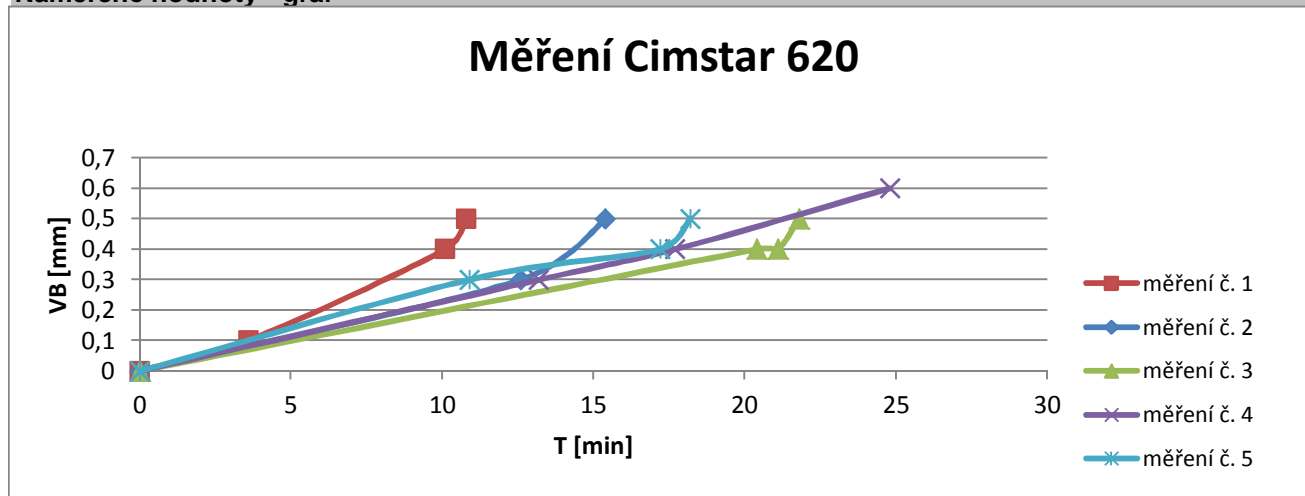
4		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
980	13,20	0,3
1323	17,70	0,4
1519	24,80	0,6

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
833	10,90	0,3
1323	17,20	0,4
1372	18,20	0,5

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

18,20 min

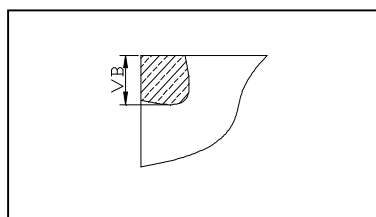
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Paramo EOPS 1030**

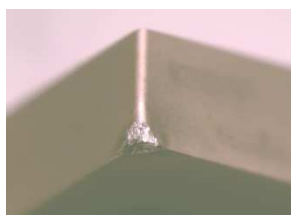
datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**prof. Popov,  
měření provedl: Klemť**Podmínky měření**

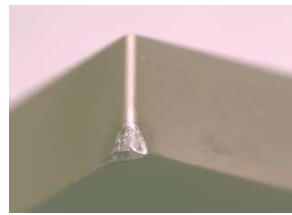
stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=160 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,1
velkost na refraktometru	4,5
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD**

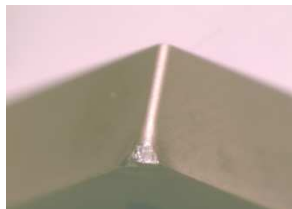
1



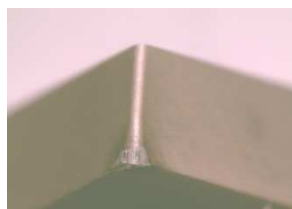
2



3



4



5

**Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
833	14,60	0,3
931	16,30	0,4
980	17,10	0,7

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
294	5,10	0,1
637	11,00	0,4
735	12,70	0,5

L dráha nástroje do místa měření



3		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
686	11,70	0,1
931	15,90	0,35
1029	17,50	0,5

L dráha nástroje do místa měření

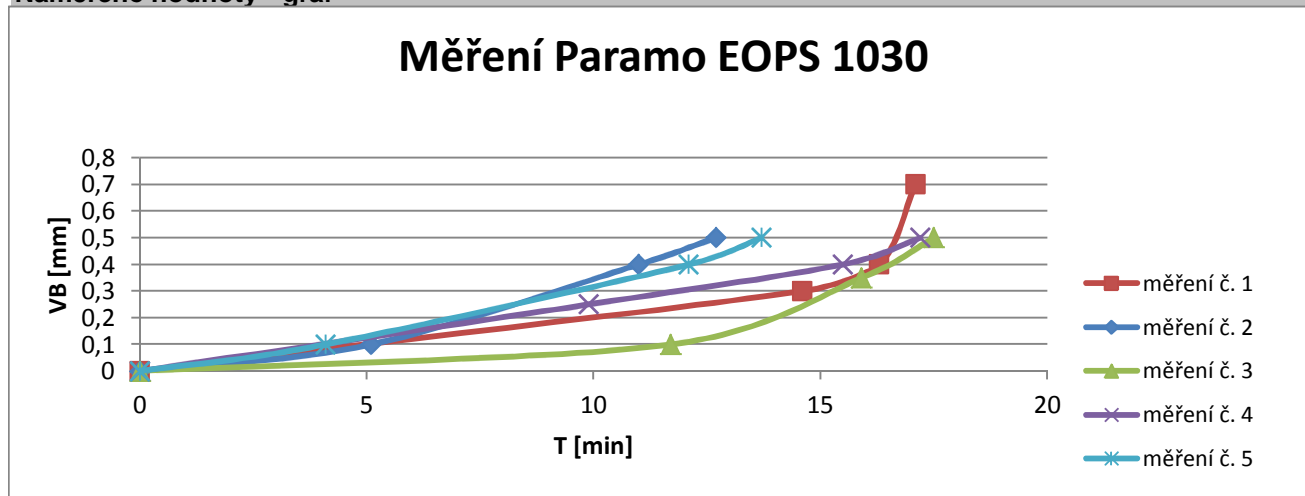
4		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
588	9,90	0,25
980	15,50	0,4
1029	17,20	0,5

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T [min]	VB [mm]
0	0	0
245	4,10	0,1
735	12,10	0,4
833	13,70	0,5

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

15,64 min

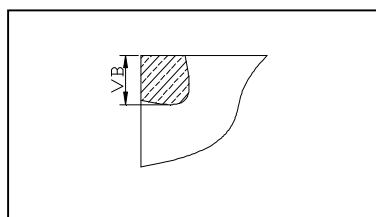
## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

**Měření trvanlivost nástroje při soustružení**- procesní kapalina: **Hocut 795b**

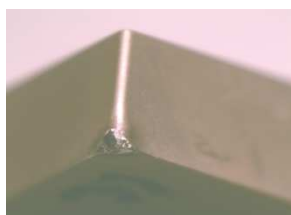
datum měření: 19.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**prof. Popov,  
měření provedl: Klemt**Podmínky měření**

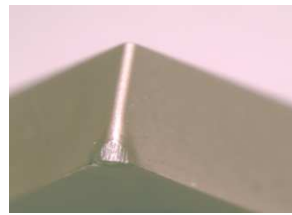
stroj	Chevalier FCL-2140
druh nože	CTAPR 20x20 K16 Pramet Tools
druh a materiál VBD	VBD PRAMET TPUN 160304; 8230
řezné podmínky	vc=160 m/min; fz=0,1 mm/ot; ap=0,5 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1
velkost na refraktometru	5
kriterium opotřebení VBD	0,5 mm VB

**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD**

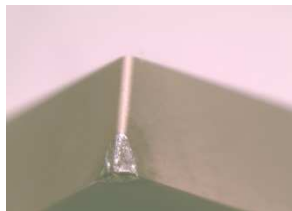
1



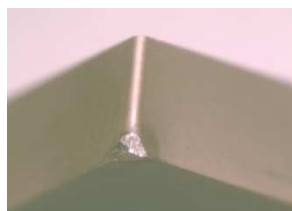
2



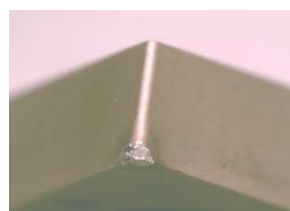
3



4



5

**Naměřené hodnoty - tabulka**

1		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
588	11,03	0,2
735	13,80	0,5

L dráha nástroje do místa měření

2		
L	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
539	10,00	0,2
1225	23,00	0,5

L dráha nástroje do místa měření

3		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
367	11,60	0,45
686	12,50	0,6

L dráha nástroje do místa měření

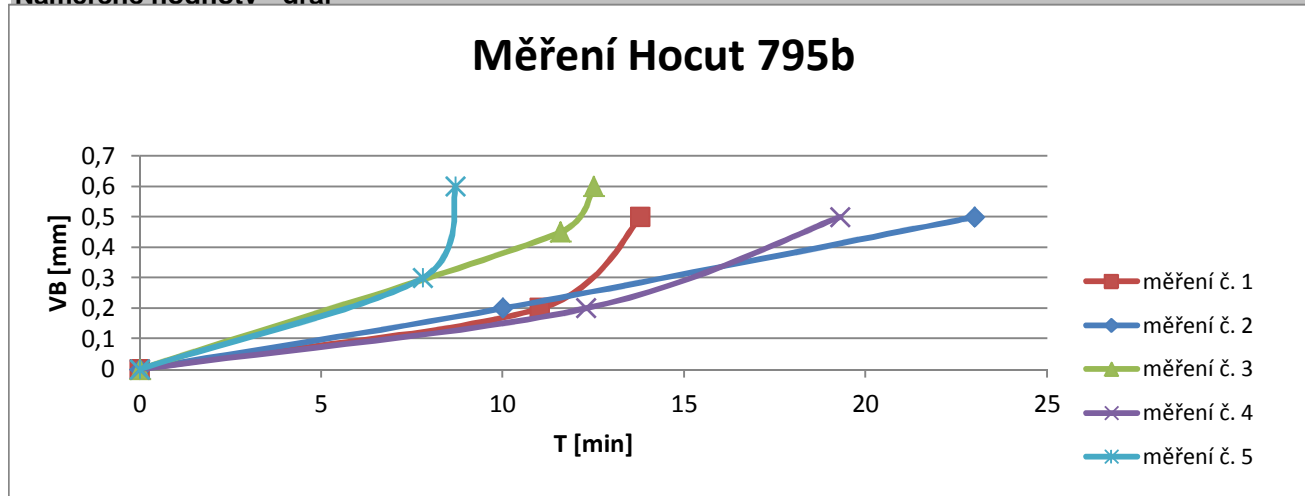
4		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
686	12,30	0,2
980	19,30	0,5

L dráha nástroje do místa měření

5		
L [mm]	T	VB
	[min]	[mm]
0	0	0
441	7,80	0,3
490	8,70	0,6

L dráha nástroje do místa měření

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

Střední trvanlivost

15,46 min

## Ekologické obráběcí kapaliny nové generace

## Měření drsnosti povrchu

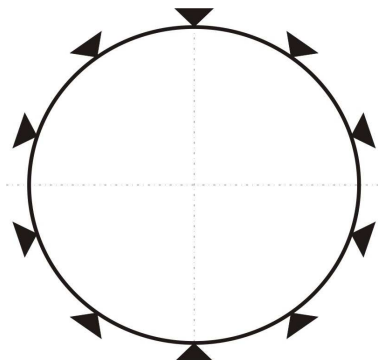
- procesní kapalina: **Grindex 10, Blasocut, Vasco, Cimstar 620, Paramo 1030, Hocut**

datum měření: 18.4.13

- obráběný materiál: **ČSN 17 240**

měření provedl: Klemt

## Místa měření



## Fotografie vzorků



## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.

Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)

## Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu - tabulka

Grindex 10	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,41	1,38	1,41	1,40	1,40	1,36	1,34	1,39	1,35	1,34	<b>1,38</b>	<b>0,02</b>
Rz [μm]	7,41	6,67	7,27	6,89	7,60	7,02	6,56	7,07	6,86	6,99	<b>7,03</b>	<b>0,24</b>
C <sub>TP50</sub> [μm]	4,07	3,70	4,30	4,03	4,55	4,07	3,87	3,98	4,15	3,83	<b>4,05</b>	<b>0,18</b>

Blasocut BC 35	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,43	1,44	1,44	1,42	1,43	1,46	1,43	1,44	1,42	1,42	<b>1,43</b>	<b>0,01</b>
Rz [μm]	6,67	7,05	6,56	6,35	6,94	7,10	6,72	7,01	6,57	6,67	<b>6,76</b>	<b>0,19</b>
C <sub>TP50</sub> [μm]	3,50	3,87	3,49	3,25	3,92	3,90	3,60	3,87	3,47	3,46	<b>3,63</b>	<b>0,18</b>

Vasco 1000	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,45	1,45	1,43	1,45	1,43	1,43	1,45	1,46	1,46	1,46	<b>1,45</b>	<b>0,01</b>
Rz [μm]	6,78	7,07	6,74	7,32	7,05	6,78	7,18	7,03	7,39	7,11	<b>7,04</b>	<b>0,17</b>
C <sub>TP50</sub> [μm]	4,01	3,81	3,69	4,20	3,95	3,60	3,40	3,70	3,87	3,71	<b>3,79</b>	<b>0,17</b>

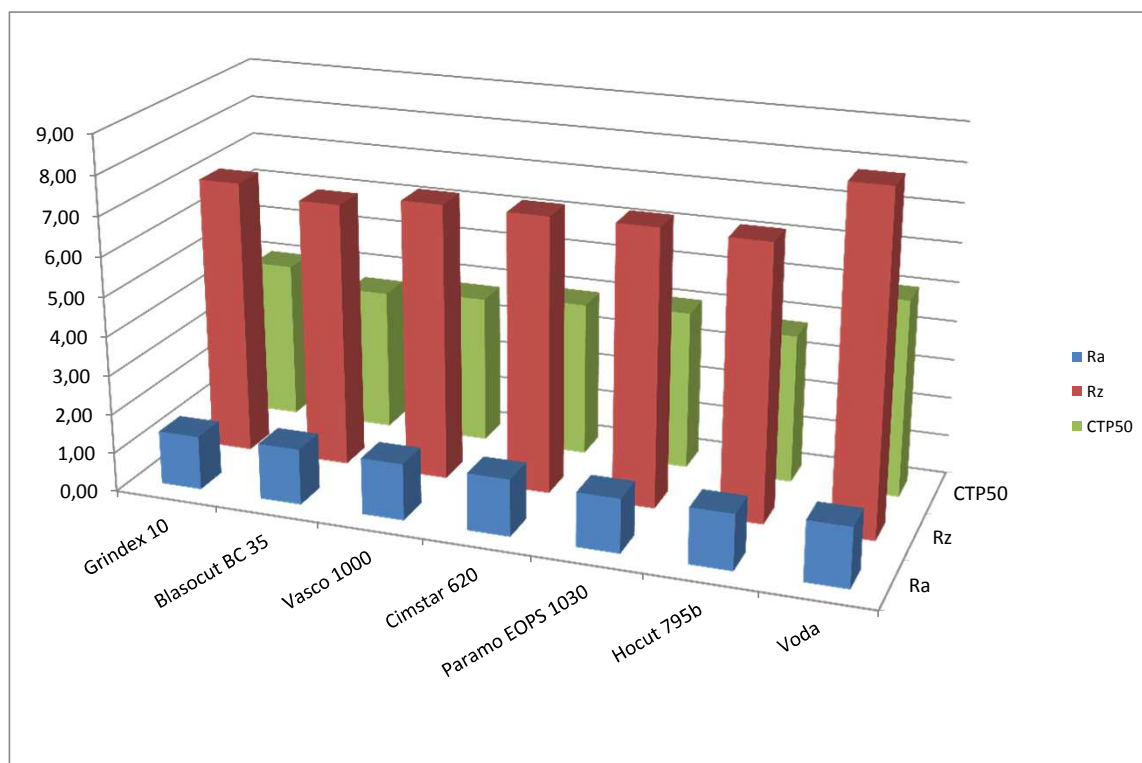
Cimstar 620	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,46	1,47	1,46	1,45	1,45	1,46	1,47	1,45	1,44	1,46	<b>1,46</b>	<b>0,01</b>
Rz [μm]	6,85	6,81	7,11	7,13	7,02	7,15	7,14	7,09	6,87	7,22	<b>7,04</b>	<b>0,11</b>
C <sub>TP50</sub> [μm]	3,86	3,86	4,20	3,97	4,14	3,91	4,00	3,90	3,80	3,99	<b>3,96</b>	<b>0,09</b>

Paramo EOPS 1030	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,43	1,38	1,36	1,39	1,36	1,40	1,36	1,38	1,39	1,37	<b>1,38</b>	<b>0,02</b>
Rz [μm]	7,26	7,39	7,07	7,07	6,84	7,26	6,95	7,05	6,88	6,79	<b>7,06</b>	<b>0,15</b>
C <sub>TP50</sub> [μm]	4,28	4,29	4,22	4,01	3,88	4,31	4,04	3,86	4,00	3,84	<b>4,07</b>	<b>0,14</b>

Hocut 795b	Číslo měření												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)	
Ra [μm]	1,42	1,42	1,43	1,45	1,45	1,44	1,41	1,41	1,40	1,40	1,42	0,01	
Rz [μm]	6,98	7,05	6,87	6,96	7,28	6,92	6,95	6,84	7,21	6,96	7,00	0,11	
C <sub>TP50</sub> [μm]	3,74	3,99	3,83	3,75	3,83	3,81	3,60	3,79	3,88	3,90	3,81	0,08	

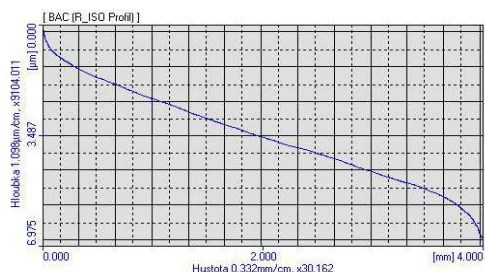
Voda	Číslo měření											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	(+,-)
Ra [μm]	1,46	1,52	1,54	1,37	1,45	1,64	1,58	1,56	1,60	1,53	1,53	0,06
Rz [μm]	8,59	8,14	8,40	7,29	8,22	9,24	8,83	9,22	9,22	8,69	8,59	0,46
C <sub>TP50</sub> [μm]	5,38	4,95	4,68	4,45	5,09	5,18	5,07	5,04	5,38	5,22	5,04	0,22

#### Naměřené hodnoty - graf

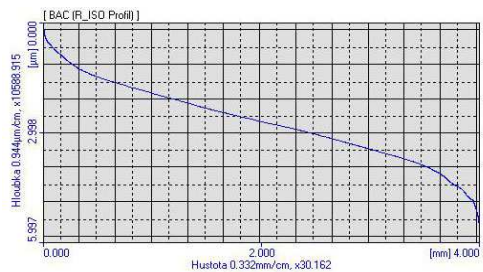


#### Vzorové křivky materiálového podílu

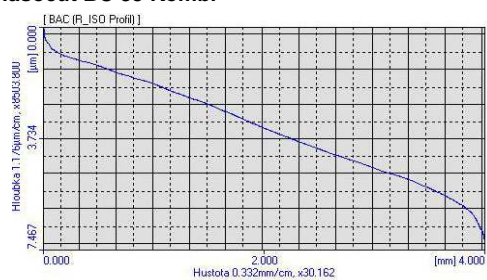
##### Grindex 10



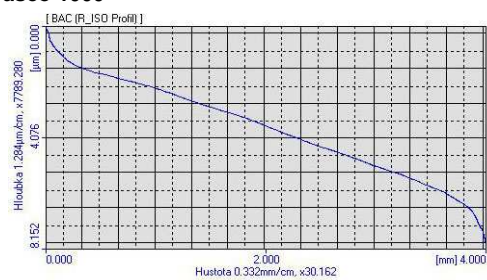
##### Voda



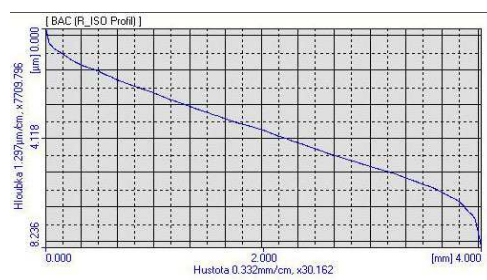
### Blasocut BC 35 Kombi



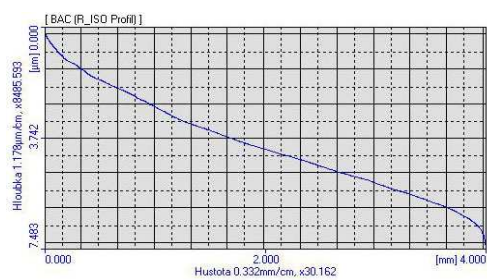
### Vasco 1000



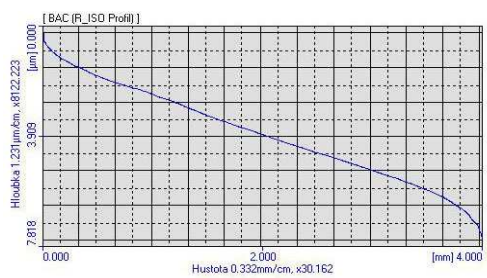
### Cimstar 620



### Paramo EOPS 1030



### Hocut 735b



## TŘÍSKY PŘI OBRÁBĚNÍ - metodika hodnocení

### 1. Charakteristika podmínek experimentu

**Místo měření:**

Metrologická laboratoř KOM - areál TU v Liberci - budova E.

**Hodnocený parametr:**

Tvar třísky vznikající při obrábění.

**Měřicí zařízení:**

Pracoviště vizuální kontroly.

Technická data zařízení	
rozměr desky	100x240 cm
šířka konstrukce	100 cm
výška konstrukce	75 cm
hloubka konstrukce	87 cm

Tab. 1 Technická specifikace pracoviště vizuální kontroly



Obr. 1. Pracoviště vizuální kontroly

Pracoviště je vybaveno kovovou konstrukcí, která je spojena kličkami pro rychlou demontáž. Konstrukce má u zadní strany základny kolečka pro snadný pohyb se sto-

lem. Průsvitná plastová deska je připevněna ke stolu lištami, do kterých se při montáži nasouvá. Pro větší stabilitu je deska zaaretována ještě šrouby, čímž je zaručena vysoká nosnost stolu. Zadní stranu stolu je možné libovolně naklopit.

Technická data přístroje	
<b>Snímač</b>	CCD
<b>Efektivní rozlišení snímače</b>	10 Mpx
<b>Rozsah ISO</b>	100 - 1600
<b>Počet zaostřovacích bodů</b>	11
<b>Paměťové médium</b>	Karta CompactFlash

Tab. 2 Technická specifikace fotoaparátu Nikon D200



Obr. 2. Fotoaparát Nikon D200

Nikon D200 je digitální zrcadlovka firmy Nikon, která má efektivní rozlišení CCD čipu 10 Mpx s vestavěným bleskem.

## 2. Charakteristika měření

Fotoaparát je nutné držet pevně v ruce nebo ho mít upevněný na stativu (doporučená varianta) a zazoomovat podle potřeby. Dále je nutné uklidit scénu (např. odstranit ze záběru ostatní vzorky). Namáčknout spoušť do poloviny a dole na displeji nebo v hledáčku se zobrazí použitá clona a čas. Otáčením kruhového voliče je možné clonu změnit. Aby se při dlouhém expozičním čase nerozechvěl fotoaparát na stativu stiskem spouště, je možné nastavit samospoušť.

Snímky z fotoaparátu budou sloužit jako archivní materiál o tvaru třísky, která vznikne při testování dodaných druhů procesních kapalin.

## 3. Charakteristika postupu hodnocení

Při řezání se oddělovaná nedeformovaná vrstva na obrobku mění v třísku. Dochází při tom k plastické deformaci, která je ovlivněna druhem, vlastnostmi obráběného



materiálu a podmínkami, za kterých probíhá. Výsledným projevem této plastické deformace je oddělení třísky formou lomu. Vznikají tak jednotlivé elementy (lamely), které s ohledem na vlastnosti obráběného materiálu se buď od sebe navzájem neoddělují, čímž vzniká tříska tvářená, která může být plynulá nebo dělená, nebo se od sebe oddělují, tj. případ netvářené třísky, kdy obrobený materiál odletuje z místa řezu ve formě jednotlivých malých elementů. Dochází k tomu při obrábění tvrdých a křehkých materiálů např. skla, kalené oceli apod. Naopak tvářená tříska se tvoří při obrábění většiny běžně používaných strojírenských materiálů. Na tvar třísek mají kromě obráběného materiálu vliv také řezné podmínky, zejména hloubka řezu  $a_p$  a velikost posuvu  $f$ .

Při obrábění se odebírá z polotovaru vrstva materiálu a ta odchází z místa řezu jako tříska, která opouští čelo nástroje a v důsledku vlivu řezných podmínek se během procesu obrábění různým způsobem stáčí. Charakteristické druhy vznikajících třísek se zpracovávají podle normy ISO 3685. Přehled základních druhů třísek je uveden na následujícím souhrnném obrázku.

1. Stužkové *	2. Vinuté *	3. Spirálové *	4. Vlnité šroubovitě *	5. Kuželovité * šroubovitě	6. Obloukovité ♦	7. Elementární	8. Jehlovité
1.1. Dlouhé	2.1. Dlouhé	3.1. Ploché	4.1. Dlouhé	5.1. Dlouhé	6.1. Spojené		
1.2. Krátké	2.2. Krátké	3.2. Kuželovité	4.2. Krátké	5.2. Krátké	6.2. Dělené		
1.3. Smotané	2.3. Smotané		4.3. Smotané	5.3. Smotané			

Obr. 3 Tvary třísek (dle normy ISO 3685)

Z důvodů ekonomických, bezpečnostních i technických je vhodné, aby byla tříska z pracovního prostoru obráběcího stroje odstraněna co nejjednodušším způsobem a aby například nedocházelo k poškození již obrobené plochy na součásti. Proto je žádoucí, aby se tříska při obrábění lámala na malé kousky, které lze snadno transportovat a uskladňovat. U technologických procesů, kdy nástroj periodicky nevychází z obráběného materiálu (například při soustružení), je požadavek na vytváření třísek o malých délkách velmi silný. Pokud dochází k tvorbě nepříznivé plynulé třísky, vytvářejí na čelech obráběcích nástrojů pro zlepšení dělení třísek takzvané utvařeče (lamače) třísek. Tyto utvařeče se dnes realizují u vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů hlavně lisováním, méně často se již utváření třísek řeší pomocí příložných utvařečů. Na základě zjištěných informací bude možné tyto skutečnosti zohlednit a vyvodit vylepšující opatření.

#### 4. Vzorový formulář

- vzorový formulář uveden v příloze č. 1.